

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Departamento de Física

**EL ÉTER EN LA FÍSICA ESPAÑOLA DEL
PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX: EL CASO DE
PEDRO CARRASCO GARRORENA (1883-1966)**

Memoria presentada por José M.
Vaquero Martínez para optar al grado
de Doctor en Ciencias Físicas.

Badajoz, noviembre de 2001

Edita: Universidad de Extremadura

Servicio de Publicaciones

c/ Caldereros 2, Planta 3ª

Cáceres 10071

Correo e.: publicac@unex.es

<http://www.pcid.es/public.htm>

JOSÉ MIGUEL COBOS BUENO, Profesor Titular de Universidad del área de Historia de la Ciencia y Profesor del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Extremadura, y ANDRÉS SANTOS REYES, Catedrático de Universidad del área de Física Teórica y Profesor del Departamento de Física de la Universidad de Extremadura,

CERTIFICAMOS:

que la presente memoria, titulada “EL ÉTER EN LA FÍSICA ESPAÑOLA DEL PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX: EL CASO DE PEDRO CARRASCO GARRORENA (1883-1966)”, ha sido realizada bajo nuestra dirección en el Departamento de Física de la Universidad de Extremadura.

Y para que conste, y en cumplimiento de la legislación vigente, firmamos el presente en Badajoz a 15 de noviembre de 2002.

A Maricruz

Introducción

En esta memoria se recoge una investigación sobre un aspecto de la historia de la física española del primer tercio del siglo XX, una época denominada por varios investigadores como la edad de plata de la física en España. En él se intenta dar una visión de conjunto sobre la idea del éter en los físicos españoles y, en especial, en la figura olvidada de Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966).

Este trabajo nace de mi convicción de que la historia de la ciencia necesita ser considerada desde una perspectiva amplia para superar las limitaciones de enfoques muy difundidos como el de la historiografía de las grandes figuras, que sólo sirve para obtener ingenuos y manipulables esquemas de la ciencia. Por ello decidí hacer un trabajo tan “localista” para mi tesis de doctorado.

Un aspecto importante del trabajo lo constituye un análisis de los libros de texto españoles que se usaban para la enseñanza de la física. Se eligió el período 1840-1950. El criterio para fijar el límite inferior se basaba en que consiguiésemos consultar un número “suficiente” de textos. El límite superior se fijó pensando en tener algunos libros con fechas posteriores a la Guerra Civil Española. El primer problema para hacer este análisis fue buscar los textos. Esto fue posible en parte gracias a los fondos de la Biblioteca de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz, cuyos fondos sobre física fueron catalogados. Otro de los aspectos importantes del trabajo es la reconstrucción de la biografía de Pedro Carrasco Garrorena, físico y astrónomo que nació en Badajoz hace más de un siglo.

Los problemas habituales de una investigación se agravan con trabajos como éste, que inician líneas de investigación en un Departamento. El propio trabajo que representa esta tesis dio lugar a episodios un tanto pintorescos. Entre ellos podemos citar el mes y medio que tardé en localizar datos de Pedro Carrasco en la prensa de principios del XX. El mal estado del papel, los ácaros y el polvo me produjeron una importante reacción alérgica en la cara y los brazos que tardó semanas en desaparecer... Otro de los episodios del desarrollo de la investigación fue mi estancia en México D. F. en mayo de 1999. La ciudad se encontraba en plena huelga universitaria, la universidad estaba paralizada y tenía que cruzar barricadas para llegar al Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En los cuatro años que he tardado en realizar mi tesis, me han ocurrido muchas cosas. En mis múltiples avatares, he encontrado personas que han puesto múltiples trabas a mi trabajo. Ante esto, no es de extrañar que tenga que agradecer a numerosas personas la ayuda que me han prestado.

Aunque ya lejanamente, recuerdo aquel frío diciembre de 1996 en el que Andrés Santos me propuso iniciar mi tesis de licenciatura sobre historia de la teoría cinética de los gases. Su ejemplo, su apoyo y sus consejos han sido las piedras angulares del trabajo que he realizado estos años.

José M. Cobos me acogió en el área de Historia de la Ciencia y aceptó dirigir la tesis cuando le presenté mi proyecto. Es evidente que sin su acogida, apoyo y atención no habría podido continuar mis investigaciones.

De Vidal Luis Mateos Masa tengo que resaltar su espíritu de servicio, su ayuda desinteresada y su ideal de compañerismo. Si hubiese más personas con su talante, la universidad sería un lugar mucho más humano.

D. José Díaz Bejarano siempre ha tenido un comentario o un libro de gran utilidad en las ocasiones en las que nos hemos visto. También agradezco a Florentino Sánchez Bajo los ratos de conversación sobre física, astronomía y tantos temas que nos unen.

Una ayuda especial a sido la proporcionada por los familiares de Pedro Carrasco Garrorena. Gracias a ellos, he tenido acceso a documentación importante para este trabajo. También fue muy importante la ayuda y la acogida que me proporcionaron mis colegas mexicanos: Héctor Mendoza, Mariano, la Dra. McGregor y tantos otros. Algunos investigadores españoles me ayudaron en momentos puntuales como Manuel F. Cañadas, Esteban Cortijo y José Llombart. También tengo que agradecer a la familia de Publio Hurtado que nos proporcionó el único ejemplar conocido de la publicación Pax-Augusta. A todos ellos estoy muy agradecido.

Dentro del mundo competitivo de la universidad, aún hay grupos de personas donde se puede estar a gusto y compartir la ilusión por el trabajo. Estoy en deuda con los grupos de Física del Aire, de Acústica y de Física Teórica de la UEx. También agradezco la acogida que recibí en el Departamento de Matemáticas de la UEx, el uso de su biblioteca y las agradables conversaciones con Mariano.

También quiero agradecer al claustro de profesores del Colegio Diocesano “San Atón” de Badajoz los meses que pasé a su lado: mucho trabajo, un proyecto ilusionante y un grupo joven de personas de gran valía que creaban un ambiente extraordinario de compañerismo.

Un último agradecimiento muy especial para Maricruz, mis padres, mis hermanos y la comunidad de San Roque. Maricruz está presente en casi todas las páginas de esta memoria porque hemos querido acompañarnos mutuamente y porque incluso en el trabajo tenemos sensibilidades y direcciones comunes. Aunque mi padre diga “otro físico loco” cuando mi hermano menor dice que quiere estudiar física, he vivido en un ambiente familiar lleno de cariño y muy comprensivo (muchas horas fuera de casa, horarios extraños, papeles y libros “inundando” todos los rincones de la casa, ...). Mis padres, incluso, han soportado mis gastos como investigador en algunas fases de mi doctorado, especialmente el primer año. La comunidad de San Roque también ha influido en esta tesis. Gracias por todo lo que aprendo de las personas de San Roque, de mi grupo, de los niños del Programa de Apoyo al Estudio que nació de la riada de 1997 y todos los demás colectivos.

José M. Vaquero
Badajoz, 2001

N.B.: Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Junta de Extremadura, mediante el proyecto IPR098A del I Plan Regional de Investigación.

ÍNDICE

1. El Éter en España (1840-1950)	1
1.1. Ideas generales sobre el éter	3
1.2. Una revisión general de la física en España hasta la época estudiada	7
1.3. Los libros de texto y el éter	18
1.4. Programa de asignaturas y éter	46
1.5. Echegaray y la divulgación del éter en España	50
1.6. Otros impresos y éter	63
1.6.1. El “Nuevo Sistema”(1869) de Rafael Chamorro	63
1.6.2. Éter y relatividad en España	64
1.6.3. Éter en Extremadura: los casos de Roso de Luna y el Cura Mora	67
2. Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966)	81
2.1. Introducción	83
2.2. Los primeros años	84
2.3. Pedro Carrasco, astrónomo (1904-1939)	92
2.4. La vida académica	103
2.5. Badajoz y relación con Extremadura	110
2.6. La Guerra Civil Española (1936-1939)	113
2.7. El exilio	116
2.8. El éter en la obra científica de Carrasco	127
2.8.1. El éter en los trabajos de Carrasco	127
2.8.2. Evolución de la idea de éter en la obra de Carrasco	149
2.9. Cronología	152
3. Conclusiones	155
4. Apéndices	161
Apéndice A. Catálogo de obras de física de la Biblioteca de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz	163
Apéndice B: Documentos referentes a Pedro Carrasco	217
B.1. Número de Pax-Augusta	219
B.2. Discurso	231
B.3. Notas en Nature	235
B.4. Album-homenaje	241
B.5. Documento mexicano	245
B.6. Libretas manuscritas	247
Apéndice C. Documentos referentes a las ideas de Pedro Carrasco sobre el éter	265
C.1. Tesis doctoral	267
C.2. Conferencia en la Escuela de Caminos	295
5. Bibliografía	313

1. El Éter en España (1840-1950)

Que el Sol tenga una marca negra cuando sale
o que salga apagado por las nubes, son signos
de lluvia.

Teofrasto, *De Signis Tempestatum*

1.1. Ideas generales sobre el éter.

El éter ha jugado un importante papel en la filosofía natural y la física desde la época del nacimiento de la filosofía hasta bien entrado el siglo XX¹. El éter se imaginaba de manera general como “un fluido muy sutil”. Se creía que llenaba los espacios celestes y que se introducía incluso entre los pequeños resquicios del aire y de los cuerpos sólidos, siendo considerado como el quinto elemento durante siglos en conexión con los cuatro elementos aristotélicos (agua, aire, tierra y fuego). La historia del éter es larga y complicada (Schaffner 1972; Illy 1981; Whittaker 1989) y aquí sólo haremos una revisión muy general de varios detalles que nos interesan especialmente.

Podemos imaginar desde un principio que, para los que admitían filosóficamente un *plenum* en la Naturaleza, el horror al vacío era tal que se necesitaba un éter que llenase todo el espacio físico. Se inventó un éter para sostener a los planetas, para constituir atmósferas eléctricas o magnéticas, para ser el medio portador de las sensaciones, etc. En definitiva, el éter ha sido un poco “cajón de sastre” para físicos y pseudofísicos, por lo que la catalogación de los diferentes tipos de éter daría, sin duda, una enorme lista.

El *Diccionario Universal de Física* de Brisson (1798) dice del éter que “este fluido influye considerablemente en el mecanismo del Universo, y en la mayor parte de los fenómenos; pues por su medio se explican muchos, que de otro modo no podrían explicarse de ninguna manera” (Brisson 1798, 400). Allí donde había algún fenómeno que no pudiera explicarse (una aurora boreal, por ejemplo) se buscaba una explicación, normalmente dentro del mecanicismo, donde el éter era el protagonista. El diccionario de la lengua castellana de 1732, conocido como “Diccionario de autoridades” restringía bastante más la idea del éter:

ETHER. s. m. Term. de Astronomía. La esphéra o cielo del fuego. Es tomado del Latino Aether. FUENT. Philos. f. 60. Por qué arriba dixisteis que el éther era todo fuego, y se movía?

ETHER. se toma tambien mui freqüentemente, por la substancia celeste y pura desde la Atmosphera arriba, por la qual caminan los astros. Lat. Aether. (Real Academia 1732, 662)

Algunas de las utilidades que se asignaron al éter tuvieron una gran importancia en la historia de la física. Huygens, por ejemplo, explicó la propagación de la luz gracias al éter. Esta hipótesis del “éter luminoso” fue muy popular en la primera mitad del siglo XIX ya que se descubrieron estrechas analogías entre las propiedades de la luz y la propagación de ondas en medios elásticos. Con estas analogías, parecía más que razonable que la luz fuese un movimiento vibratorio en un medio inerte con propiedades elásticas y que, desde luego, llenase todo el universo.

Además, los fenómenos de polarización de la luz indicaban que este medio, el éter, debía poseer una elasticidad del mismo tipo que la que tienen los cuerpos sólidos, que son los que permiten las vibraciones transversales. Esta “solidez” del éter, establecida por Young y Fresnel fundamentalmente, presentaba un escollo desde sus inicios. Si el éter tenía estas propiedades, los planetas debían tener un fuerte rozamiento en su movimiento. Sin embargo, eso no se observaba. Este escollo fue solucionado por Stokes admitiendo que el éter, pese a su solidez, poseía una gran plasticidad.

¹ Aún hoy, el éter sigue siendo objeto de diferentes estudios como Vigier (1982), Kostro (1985), Kelly (1986) y Tomaschitz (1998).

Young admitió que el éter penetraba libremente por todo aquello que fuese materia tras los experimentos relativos a la influencia del movimiento de la Tierra sobre la propagación de la luz. De esta forma, suponiendo que el éter que rodea a la Tierra se halla en reposo y no le afecta su movimiento, las ondas luminosas que estemos recibiendo de una estrella, por ejemplo, no participarán del movimiento del telescopio. Así, si el telescopio está apuntando a la verdadera posición de la estrella, la imagen de ésta estará desplazada, quedando explicado el fenómeno de la aberración. Fresnel dedujo que la aberración debía ser la misma para un telescopio vacío y otro lleno de agua, hecho que se comprobó experimentalmente (Pedersen 2000).

Numerosos modelos de éter mecánico aparecieron a lo largo del siglo XIX (Harman 1982). En un sólido ordinario, la energía potencial depende de los cambios de tamaño y forma, es decir, de la compresión y la distorsión. En el éter de Mac-Cullagh, por ejemplo, la energía potencial depende tan sólo de la rotación de los elementos de volumen.

La culminación de la idea de éter mecánico son las ecuaciones de Maxwell. Éste buscó modelos mecánicos para interpretar sus ideas teóricas y, así, reducir los fenómenos ópticos, eléctricos y magnéticos a fenómenos puramente mecánicos. Pese a todos sus esfuerzos, ni Maxwell ni sus seguidores consiguieron encontrar un modelo mecánico de éter que cumpliera las leyes del campo electromagnético de forma satisfactoria. No olvidemos que el mecanicismo del siglo XIX intentaba reducir cualquier ley de la física a las leyes de la mecánica de Newton y que la idea del éter ha ido unida siempre al mecanicismo. Sólo cuando la concepción mecánica de la naturaleza fue superada por el electromagnetismo pudo ser abandonada por inútil la idea del éter.

Desde los primeros momentos de la revolución científica, se estudiaron fenómenos de lo que hoy denominamos magnetostática y electrostática. Recordemos que en 1600 Gilbert publicó su *De magnete* y que los fenómenos de atracción y repulsión electrostática eran conocidos desde los griegos. Ya en el XVIII, eran populares las “máquinas” electrostáticas y se encerraba los “fluidos eléctricos” producidos en “botellas” de Leyden. Y, de hecho, se elaboró una teoría de los fenómenos electrostáticos gracias a los trabajos de Franklin, Cavendish y, sobre todo, Coulomb.

El estudio de los fenómenos electromagnéticos llena una gran parte de la historia de la física del siglo XIX. En el año 1800, se publica el trabajo de Volta sobre la pila eléctrica (Volta 1800)², el instrumento básico requerido para el estudio de los fenómenos electromagnéticos. En 1820, Oersted publica *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam* (Experiencias sobre el efecto del conflicto eléctrico en la aguja magnética). Allí puso de manifiesto que al acercar una brújula a una corriente eléctrica aquélla se desvía de la dirección norte-sur para colocarse perpendicularmente a la corriente. Faraday se convierte en un incansable experimentador. En 1821, construye el primer motor eléctrico y, en 1831, descubrirá las corrientes inducidas en un circuito al variar en su entorno el campo magnético (Knudsen 1976).

² Hemos utilizado la edición bicentennial preparada por F. Bevilacqua y G. Bonera (Volta 1999), que reproduce facsimilarmente las versiones francesa, inglesa y alemana, además de proporcionar una traducción italiana. Siguiendo esta edición tetralingüe, ha aparecido recientemente una versión castellana (Sallent Delcolombo 2000).

El mérito de Maxwell fue formalizar matemáticamente la idea de las líneas de fuerza magnéticas y eléctricas tan usadas por Faraday. Maxwell publicó en 1873 su clásico *Treatise on electricity and magnetism* (Maxwell 1873). Sin embargo, las ideas geniales que se vertían en este texto ya habían sido publicadas en tres artículos anteriores, por lo que podemos reconstruir la evolución de las ideas de Maxwell.

En el primer artículo de Maxwell (1855), titulado *On Faraday's lines of force*, las líneas de fuerza de Faraday son presentadas mediante un modelo hidrodinámico, como si fuesen tubos de corriente que aumentan el flujo al estrecharse y disminuyen al ensancharse. De esta forma, la intensidad de la corriente corresponde a la mayor o menor velocidad de desplazamiento del fluido. Dentro de este contexto, formula la ecuación que denominamos de Maxwell-Ampère y que describe cómo las corrientes eléctricas crean campos magnéticos. Esta primera formulación es imperfecta, pues no se incluye el término debido a la corriente de desplazamiento. Desde luego, es difícil imaginar esta corriente dentro de este marco hidrodinámico.

Maxwell sólo pudo imaginar la corriente de desplazamiento a partir de un modelo mecánico muy barroco y especialmente complicado. En su segundo artículo (Maxwell 1861), titulado *On physical lines of force*, la fuerza magnética viene representada por la velocidad de giro de unos rodillos cilíndricos (o prismáticos hexagonales) que giran sobre su eje. De esta forma, un campo magnético uniforme está constituido por un grupo de rodillos que giran con la misma velocidad angular, en el mismo sentido y con sus ejes paralelos. La gran originalidad de Maxwell se pone de manifiesto al solucionar el problema del rozamiento entre cilindros, ya que las generatrices de contacto de dos rodillos contiguos giran en sentidos opuestos. Maxwell supone que cada uno de los rodillos está rodeado de pequeñas esferas que girando sobre sí mismas evitan el rozamiento de rodillos contiguos. Curiosamente, la casa Siemens acababa de lanzar al mercado los cojinetes de bolas y Maxwell posiblemente se inspiró en ellos. Las esferas ideadas por Maxwell representan cargas eléctricas. García Doncel (1982) explica el mecanismo: “Al correrse una hilera de estas cargas se constituye una corriente eléctrica, pero al mismo tiempo su roce imprime un movimiento de giro a los rodillos. Esto explica que a uno y otro lado de la corriente se creen campos magnéticos de sentidos opuestos, según había observado la experiencia de Oersted. Cuando la corriente forma un circuito cerrado, los rodillos del interior del circuito girarán en el sentido impuesto por la corriente creándose allí un campo magnético, según expresa la citada ecuación de Maxwell-Ampère”. Las corrientes eléctricas citadas solo pueden producirse en materiales conductores, pues es en ellos donde las esferas, que representan cargas eléctricas, pueden moverse libremente. En los materiales dieléctricos, por el contrario, las esferas sólo pueden realizar pequeños movimientos. Dentro de este extraño modelo, Maxwell idea la corriente de desplazamiento, incluyendo un nuevo término en la ecuación llamada de Maxwell-Ampère (Bromberg 1967). Dentro del mismo marco mecánico, Maxwell también formula la ecuación denominada ahora de Maxwell-Faraday en la que se describe el campo eléctrico debido a la variación temporal de un campo magnético.

Maxwell consigue formular sus ecuaciones alejándose de los modelos mecánicos en su tercer artículo (Maxwell 1865), titulado *A dynamical theory of the electromagnetic field*³. Éste fue leído en una sesión de la Royal Society el 8 de diciembre de 1864. Las

³ Existe una edición bilingüe (inglés y castellano) de este artículo realizada por José Manuel Sánchez Ron en Maxwell (1998).

ecuaciones de Maxwell pueden describir un campo sin cargas ni corrientes en el seno del vacío o de un medio dieléctrico cualquiera. Como sabemos, las variaciones del campo eléctrico dan lugar a un campo magnético y viceversa. Así explicamos cómo una perturbación electromagnética que se produzca en el vacío puede propagarse a través del espacio. La velocidad de propagación de dicha perturbación es fácil de calcular. El resultado es una constante que fue medida en diversas experiencias electromagnéticas por Weber, Thomson y Maxwell con resultados equivalentes. Lo realmente asombroso fue que el valor numérico de esta velocidad era justamente el de la velocidad de la luz (teniendo en cuenta los márgenes de error de las medidas). Para Maxwell, éste fue un importante argumento que apoyaba la idea de una naturaleza electromagnética para la luz. De hecho, Maxwell escribiría:

“...Si se encontrase que la velocidad de propagación de perturbaciones electromagnéticas es la misma que la velocidad de la luz, y esto no sólo en el aire, sino también en otros medios transparentes, tendremos razones poderosas para creer que la luz es un fenómeno electromagnético” (Maxwell 1873)

E incluso, Maxwell asegura su idea de la existencia del éter o medio subyacente a todas las sustancias transparentes y al vacío estelar al ser la velocidad de propagación una característica del medio en el que se propagan las ondas electromagnéticas.

La obra de Maxwell es la culminación de la idea de éter mecánico o de la llamada “teoría mecánica de luz”. A su vez, ese éter se consideraba el sistema de referencia absoluto para la mecánica de Newton. Los físicos experimentales de finales del siglo XIX se esforzarían en medir respecto a este sistema de referencia, aunque tan sólo lograrían poner en crisis la concepción mecánica que envolvía a la teoría de campos. Finalmente, la teoría de campos consigue desprenderse del mecanicismo y el materialismo decimonónico (McCormach 1970). También influyen las revoluciones relativista y cuántica.

Einstein (1905)⁴ no creía razonable que las ecuaciones de Maxwell no presentasen las mismas simetrías que las leyes de Newton. Las ecuaciones de Maxwell son asimétricas, por lo que un campo puede ser puramente magnético visto desde un sistema de referencia inercial y puramente eléctrico visto desde otro sistema de referencia inercial. Esto lleva a Einstein a un nuevo concepto del espacio y el tiempo, haciendo que carezca de sentido la búsqueda de un movimiento respecto a un sistema de referencia absoluto. Por lo tanto, el éter asociado a este sistema pierde todo su interés.

⁴ Existe una edición española de los cinco artículos de Einstein publicados en 1905 (Stachel 2001).

1.2. Una revisión general de la física en España hasta la época estudiada.

La comunidad científica española participó escasamente en la etapa culminante de la revolución científica del siglo XVII. La nueva ciencia tuvo que ser introducida y asimilada a través de un largo período. Se desarrollaron en España, entre el reinado de Carlos II y los últimos años de la Ilustración, una serie de acontecimientos sociales y políticos que contribuyeron a normalizar la actividad científica. En los últimos años de la Ilustración, contamos ya con unas bases mínimas para poder desarrollar actividades y asimilar sin retrasos los avances científicos que se desarrollan en Europa.

El primer intento de introducir en España las nuevas ideas científicas lo protagoniza el llamado movimiento *novator*. Esta corriente, en realidad poco nutrida y dispersa (ni eran muchos ni geniales), se desarrolló en reuniones y tertulias. Algunas de éstas llegaron a convertirse en instituciones científicas. Tenemos el caso de las tertulias que se celebraban en casa del médico sevillano Juan Muñoz Peralta⁵ a partir de 1697. Esta reunión de médicos interesados en la filosofía experimental se constituyó en Regia Sociedad de Medicina y Ciencias por Real Cédula de Carlos II el 25 de marzo de 1700, siendo hoy la Real Academia de Medicina de Sevilla. Otro ejemplo son las reuniones que a partir de 1687 se celebraban en casa del matemático valenciano Baltasar de Íñigo⁶, dedicadas a las matemáticas, la astronomía y la física. A ella asistían los conocidos novatores Juan Bautista Corachán⁷ y Tomás Vicente Tosca. No es de

⁵ Nació en Sevilla sobre 1695 y murió en Madrid en 1746. Estudió medicina en la Universidad de Sevilla. De ésta fue titular de la cátedra de vísperas. Fue uno de los fundadores de la Regia Sociedad de Medicina de Sevilla, que se reunía en su domicilio a partir de 1697. Publicó cinco obras, todas sobre la polémica entre galenistas y novatores. Muñoz pertenecía a una familia judeoconversa. Fue procesado y encarcelado por la Inquisición en 1718 al ser acusado de judaizante. Su destacada posición en la Corte, era médico de cámara del Rey, hizo que en 1724 el Tribunal declarase que “la prisión y causa que contra él se siguió en el despacho de la Inquisición de Corte no le obsta para oficios públicos y de honra”. Este proceso fue un episodio de la lucha entre el galenismo tradicional y el movimiento novator.

⁶ Nació y murió en Valencia en los años 1656 y 1746, respectivamente. Era sacerdote, doctor en Teología y beneficiado de la catedral de Valencia. Frecuentó la tertulia que se reunía en la biblioteca del marqués de Villatorcas, a la que también asistían Tomás Vicente Tosca y Juan Bautista Corachán. Formó, con estos últimos, una academia de matemáticas en su casa en el año 1686. Allí realizaban experiencias de física, observaciones astronómicas y debatían temas científicos. Íñigo no editó ninguna obra. Sólo se conserva un manuscrito de 67 páginas que contiene una parte de erratas y anotaciones a la segunda edición del *Cursus seu Mundus Mathematicus* (1690) de Dechales, una tabla de ángulos de refracción, una tabla de alcances en el tiro de proyectiles en función del ángulo de tiro, una tabla de alturas solares y una reseña del libro *Description et usage de plusieurs nouveaux Microscopes* (1718) de Louis Joblot. También se conserva el segundo tomo del ejemplar de Íñigo del mencionado *Cursus* con abundantes correcciones y anotaciones manuscritas.

⁷ Nació en Valencia en 1661. En su Universidad se graduó en artes y se doctoró en teología. Tuvo interés desde joven por las matemáticas. Con dieciocho años escribió con el título *Ameno y deleytable jardin de Mathematicas* una obra de carácter didáctico. Asistió como secretario a la “Academia de Matemáticas” que se celebraba en casa de Baltasar de Íñigo sobre 1686. En 1696, obtuvo la cátedra de matemáticas de la Universidad de Valencia. Solicitó la jubilación en 1720. Le fue concedida y su actividad científica fue reduciéndose poco a poco. Aún en 1740 participa en el proyecto de Antonio Bordázar para formar una “Academia Valencia Mathematica”. Durante su vida sólo llegaron a publicarse dos de sus obras. En 1682 publicó un folleto sobre el cometa visible ése año, el famoso cometa Halley. Corachán expone sus observaciones, atribuye el carácter celeste del fenómeno y establece para el cometa una trayectoria rectilínea. La obra *Arithmetica demonstrada theorico-practica*, de carácter didáctico, destaca por el énfasis puesto en las demostraciones. Los manuscritos científicos de Corachán, más de cincuenta volúmenes, fueron adquiridos a la muerte de éste por Gregorio Mayáns y Císcar. Son el más importante testimonio del interés de Juan Bautista Corachán por difundir las nuevas corrientes científicas. También debemos señalar importantes ausencias en sus obras como la geometría de Descartes y el cálculo

extrañar que el movimiento novator se diera fuera de los ambientes universitarios. Aparte del antiescolasticismo de los novatores, el propio caos universitario de esta época hacía imposible cualquier actividad educativa.

Un caso aislado es el del valenciano Juan Escrivá, que realizó investigaciones experimentales sobre los gases. Fue discípulo de Giambattista della Porta, cuya obra *Pneumaticorum libri III* (1601) es un estudio sobre los gases y los vapores. Escrivá se propuso difundir esta obra entre los técnicos y la tradujo, con adiciones, al italiano y al castellano. La edición italiana vio la luz en 1606 y la española se perdió. Su aportación consiste en la presentación de dos aparatos, el primero para “saber una parte de agua en cuántas de vapor se convierte y el segundo para medir fácilmente en cuantas partes se convierte una de aire al pasar de su consistencia natural a un estado de mayor sutileza”. El interés del texto reside en su orientación experimental y cuantitativa (López Piñero, 1979).

El valenciano Tomás Vicente Tosca (Valencia, 1651-Valencia, 1723) ocupa un lugar destacado dentro de la corriente novator por su obra *Compendio Mathematico*⁸. Está elaborada siguiendo el ejemplo de los cursos de carácter enciclopédicos que se publicaban en Europa en la segunda mitad del siglo XVII. Uno de los más famosos es el *Cursus seu mundus mathematicus* de Claude François Milliet Dechales. Además del *Cursus*, Tosca utilizó una abundante bibliografía, destacando el interés puesto en las aportaciones de autores españoles. El primer volumen se abre con una breve introducción a las disciplinas matemáticas, seguida de una versión de los Elementos de Euclides basada en las ediciones de Milliet Dechales, Andreas Tacquet y otros autores. También incluye una parte de aritmética, álgebra, un extracto de la obra de Omerique⁹, combinatoria, trigonometría, ... Otro grupo de temas incluidos en el compendio lo constituyen los correspondientes a la física: mecánica, estática, dinámica de graves, máquinas hidráulicas, hidrodinámica, música, dinámica del tiro, óptica, magnetismo y posibilidad del movimiento de la Tierra. También hay una parte dedicada a la astronomía que incluye unas tablas astronómicas. Después siguen temas habituales en este tipo de obras pero no ligados estrechamente a las ciencias físico-matemáticas, como arquitectura civil y militar y náutica. Tosca también incluye alguna observación propia,

infinitesimal. Pese a esto, al menos estaba presente en Corachán la matemática como lenguaje y la experimentación como criterio metodológico.

⁸ *Compendio Mathematico*, 9 vols. (Valencia, A. Bordázar, 1707-1715); fue reeditado en (Madrid, A. Martín, 1727); (Valencia, J. García, 1757) y (Valencia, J. T. Lucas, 1760). Existe también una reimpresión del primer volumen, así como de los tratados de arquitectura civil, náutica, cantería y relojes (Valencia, Hermanos de Orga, 1794).

⁹ Muy poco se sabe de la vida de Hugo de Omerique. Nació en Sanlúcar de Barrameda (Cádiz) en 1634 y tuvo relaciones con la orden jesuita. Estuvo avecindado en Cádiz desde antes de 1698. En esta fecha, el catedrático de matemáticas del Colegio Imperial de Madrid, Jacobo Kresa, publicó unos *Elementos de Euclides* en los que incluyó dos problemas inventados y resueltos por Omerique. Tan sólo se conoce la primera parte de su *Analysis Geometrica* y una tabla de logaritmos, pese a que él dice tener compuestos un tratado de Aritmética y las dos Trigonometrías. En la obra *Analysis Geometrica* se trata la resolución de problemas geométricos mediante el método analítico. Omerique entiende por análisis “adoptar una cuestión como conclusión, avanzando mediante consecuencias necesarias a lo cierto y determinado”. Para demostrar el interés que suscitó la obra diremos que entre las cartas de Newton se conserva una, descubierta por Jean Pelseneer, de destinatario desconocido, que dice (citado por López Piñero et al. (1983)): “Señor: He examinado el *Analysis Geometrica* de De Omerique y lo considero una obra juiciosa y de valor que responde a su título, porque expone en la forma más sencilla el medio de restaurar el Análisis de los antiguos, que es más sencillo y más ingenioso y más a propósito para un geómetra que el Álgebra de los modernos. Así, su método le conduce generalmente a soluciones más sencillas y elegantes que aquellas otras obtenidas por el Álgebra”.

como la de un halo solar con parhelios (Gallego y Vaquero 1999). Pero no todo son elogios para esta obra, ya que faltan elementos importantes. No vemos ni rastro de la geometría de Descartes ni del cálculo infinitesimal. Navarro Brotóns (1983) dice de esta obra: “La modernidad cronológica del compendio es variable de unos tratados a otros, si bien el límite superior podría fijarse globalmente con la «gran síntesis newtoniana»”.

Seis años después apareció el *Compendium Philosophicum*¹⁰. Tosca intentó con esta obra renovar la filosofía tradicional desde la perspectiva de la nueva ciencia. Pese a que la característica fundamental de este libro es el eclecticismo, Tosca participa de las tesis fundamentales del mecanicismo. Cuando analiza el concepto de materia lo hace desde la filosofía corpuscular, elaborando una teoría con nociones tomadas de Descartes y de los atomistas Gassendi y Maignan¹¹. Rechaza las teorías escolásticas surgidas del problema de la continuación del movimiento en los cuerpos cuando se separan del motor, incluida la famosa teoría del ímpetus, y toma el concepto galileano-cartesiano del movimiento como un estado, así como la ley de la inercia.

Al lado de las obras de Tosca aparecieron una serie de textos de carácter polémico producidos por el movimiento novator y destinados a defender el atomismo y la filosofía mecanicista frente a los ataques de los escolásticos. Entre éstos, Francisco Palanco, religioso de la Orden de los Mínimos, publicó en 1714 la obra *Dialogus physicotheologicus contra Philosophiae Novatores sive thomista contra atomista*. A raíz de este título comenzó a llamarse novatores al grupo de hombres que querían renovar el panorama científico español¹². En todo caso, lo más interesante de la polémica es que indica la difusión que había alcanzado en España la filosofía mecanicista, por lo que los seguidores de la escolástica se vieron obligados a publicar sus impugnaciones a aquélla.

Para completar el panorama de la física española del XVIII anterior al reinado de Carlos III, debemos hablar de Benito Jerónimo Feijóo (Casdemiro, Orense, 1676-Oviedo, 1764), Antonio María Herrero (Borja, Zaragoza, 1714-fl. Madrid, 1740) y Andrés Piquer (Fórmoles, Teruel, 1711-Madrid, 1772).

La *Gaceta de Madrid* de 3 de septiembre de 1726 anunciaba la venta del primer tomo del *Teatro crítico Universal* de Feijóo al precio de dos reales de ocho. La edición tuvo una gran acogida por el público, como ocurrió con las sucesivas entregas y con las *Cartas eruditas y curiosas*. Feijóo, que tenía cincuenta años cuando salió el primer tomo, se basó en lo relativo a las ciencias en el *Journal de Travaux* de los jesuitas

¹⁰ *Compendium philosophicum*, 5 vols. (Valencia, A. Balle, 1721); 2.^a ed., 7 vols. (Valencia, H. Conejos, 1754). Esta edición la preparó Gregorio Mayáns y Císcar, quien añadió una biografía de Tosca y un tratado de filosofía moral.

¹¹ Respecto a la historia del atomismo en España debemos resaltar la obra de Pedro de Oleza y Rovira, médico y caballero mallorquín residente en Valencia, que nació a mediados del siglo XV. Estudió artes y medicina en las Universidades de Pisa, Montpellier y Lérida. Murió en 1531. Su hijo publicó en 1536 la obra póstuma *Summa totius philosophiae et medicinae*. En ella se defienden radicalmente las tesis atomistas.

¹² Entre ellos, Juan de Nágera. Muy poco se sabe de él. Fue un religioso franciscano, maestro en artes y doctor en teología. También se sabe que perteneció a la Regia Sociedad de Medicina de Sevilla. En su obra *Dialogos Philosophicos en defensa del atomismo, y respuesta a las impugnaciones aristotélicas de R.P.M. Fr. Francisco Palanco* (Madrid, s.i., 1716) defiende las doctrinas del atomista Emmanuel Maignan contra los argumentos de Francisco Palanco. Volvió en su defensa con la obra *Maignanus redivivus* (1720). Sin embargo, unos años después publica *Desengaños Philosophicos* (Sevilla, imp. de las Siete Revueltas, 1737) en los que vuelve al aristotelismo.

franceses y del *Cursus seu Mundus Mathematicus* de Dechales. La función desempeñada por Feijóo fue la de divulgador científico. El benedictino contribuyó a la difusión de los conocimientos científicos y de las ideas modernas frente a los saberes tradicionales, incluidas las creencias y los prejuicios. Debemos señalar las limitaciones que tenía como divulgador. Sus conocimientos eran totalmente librescos y superficiales. Como ejemplo, diremos que compró un microscopio en la década de los cuarenta y se lo regaló dos años después al padre Martín Sarmiento, pues “no tenía paciencia para andar atisbando átomos” (López Piñero et al., 1983).

El médico Antonio María Herrero¹³ escribió un tratado de física titulado *Physica moderna, experimental, systematica*. La obra consta de diez capítulos y su base doctrinal es el cartesianismo, tal y como lo entendían los autores jesuitas de la primera mitad del XVIII. Aparecen citados Christian Huygens, Nicolas Malebranche y Jean Bernoulli, entre otros.

También tenemos que citar al médico Andrés Piquer¹⁴ por su libro *Física Moderna, Racional y Experimental*, publicado en Valencia en 1745¹⁵. El título es suficiente para comprobar que es un texto con aspiraciones de modernidad. Hay que destacar el hecho de que se escribiese en castellano cuando en las universidades y claustros se usaba comúnmente el latín. También debemos notar las contradicciones del texto. Piquer habla de la importancia de la física experimental, pero en su texto no aparece ninguna experiencia personal. También está de acuerdo con la necesidad de las matemáticas para el estudio de la física, pero escribe todo el texto sin una fórmula. Piquer sigue un criterio ecléctico. Expone cada tema según las ideas de Gassendi, Descartes, Boyle y otros, incluido Newton, que conoce indirectamente a través de divulgadores franceses. Sin embargo, descalifica el sistema de Copérnico. En definitiva, el texto forma parte de los esfuerzos del autor por introducir en la universidad valenciana la física mecanicista, pese a sus limitaciones.

La primera gran contribución española al desarrollo de la física moderna tuvo como protagonistas a dos jóvenes marinos españoles formados en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz: Jorge Juan¹⁶ y Antonio de Ulloa¹⁷. La Academia de Ciencias de París

¹³ Nació en Borja (Zaragoza) en 1714. Estudió filosofía, teología y, probablemente, medicina en la Universidad de Huesca. Posteriormente se doctoró en Teología en la Universidad de Toulouse y estudió física experimental en el colegio jesuita de esa localidad. Vuelve a España y estudia cánones en la Universidad de Alcalá. Por orden de Fernando VI, es nombrado médico del Hospital General de Madrid y censor de las obras médicas. Aparte de su obra fundamental *Physica moderna, experimental, systematica* (Madrid, Antonio Pérez de Soto, 1737), publicó dos trabajos de medicina de carácter polémico y la obra *Examen del Discurso del Dr. D. Andrés Piquer...* También editó, junto con José Lorenzo de Arenas, un *Mercurio literario o memorias sobre todo género de Ciencias y Artes*, que tiene un gran interés para la historia de la divulgación científica española.

¹⁴ Andrés Piquer Arrufat nació en Fórmoles (Teruel) en 1711 y murió en Madrid en 1772. Estudió filosofía y medicina en la Universidad de Valencia, donde se graduó en 1734. Escribió *Medicina vetus et nova* (1735), *Theses medico-anatomicae* (1742), *Física moderna, racional y experimental* (1745), *Lógica Moderna* (1747), *Tratado de calenturas* (1751) y otras, incluidas obras de carácter polémico. Fue nombrado, en 1751, médico de cámara supernumerario de Fernando VI. En 1752, ya era vicepresidente de la Real Academia Médico-Matritense y formó parte del Tribunal del Protomedicato.

¹⁵ *Física moderna, racional y experimental*, tomo I (único publicado), Valencia, P. García, 1745 (dos reediciones, la última en Madrid, B. Román, s.a.).

¹⁶ Jorge Juan y Santacilia nació en Novelda (Alicante) en 1713 y murió en Madrid en 1773. Estudió en el colegio jesuita de Orihuela. Ingresó en la Orden de Malta. Ya en la Academia de Guardias-Marinas, tomó parte en las campañas de Italia y Orán. En 1734 es designado para la expedición al Perú para medir un arco del meridiano terrestre. A su regreso a España publica *Observaciones astronómicas y físicas*

organizó una expedición a Perú para medir un arco de meridiano terrestre. El objetivo de esta medida era contrastar las diversas teorías propuestas sobre la forma de la Tierra: una expedición francesa a Cayena había hallado, en 1673, que la longitud del péndulo que bate segundos en las proximidades del ecuador era más corta que la de París¹⁸. Newton interpretó este hecho diciendo que la fuerza de la gravedad era menor en el ecuador que en los polos. Esto implicaba que la Tierra era un esferoide oblongo, achatado por los polos y ensanchado por el ecuador, debido a la rotación en torno a su eje. La filosofía natural de Newton llegó a Francia en la década de los treinta y Jacques Cassini se opuso a esta idea indicando que la Tierra se ensanchaba por los polos y se achataba por el ecuador. Tras la polémica suscitada, Luis XV autorizó a la Academia de Ciencias de París a enviar dos expediciones, a Laponia y a Perú, con el fin de averiguar la longitud de un grado de latitud en dichas regiones. La expedición a Perú se organizó en 1735, siendo La Condamine el jefe de la expedición (La Condamine, 1962). Un año después se organizó la de Laponia liderada por Maupertuis.

Tras más de diez años de trabajo, y cumplida ya su misión, Jorge Juan y Antonio Ulloa volvieron a España. Prepararon la publicación de memorias e informes del viaje tras vencer la indiferencia de la Corte y ganarse al Marqués de la Ensenada. Jorge Juan se encargó de escribir las *Observaciones astronómicas y físicas*. Ulloa escribió, a la vez, *Relación histórica del viaje*. Ambas obras fueron publicadas en 1748, corriendo el Real Erario con los gastos de la edición. En la *Relación histórica del viaje* se describen los mares navegados, los países y regiones visitadas, con todas las particularidades relativas a las costumbres, arqueología precolombina, gobierno y geografía, meteorología e historia natural. En las *Observaciones* de Jorge Juan se reconoce a un científico moderno con total dominio de las leyes de Newton, las cuales reproduce. La obra incluye observaciones para determinar la oblicuidad de la eclíptica, observaciones de latitud, de las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter y de los eclipses de Luna para determinar la longitud geográfica de los lugares. También incluye experiencias sobre dilatación y compresión de metales, experiencias barométricas y sobre la velocidad del sonido. También se relacionan experiencias con el péndulo y una exposición detallada de las operaciones geodésicas realizadas y conclusiones de las

hechas de orden de S. Mag. en los reynos del Perú. El marqués de la Ensenada lo envía a Inglaterra para adquirir información y contratar ingenieros, constructores y maestros de construcción naval, debido al atraso español en este tema. Jorge Juan crea un observatorio en Cádiz cuando vuelve a España. Se dedicó a la investigación teórica y experimental de la construcción naval. Su obra más madura e importante es *Examen marítimo*, un tratado de mecánica aplicado a la navegación. La obra fue traducida al francés por Pierre Leveque en 1783. Jorge Juan fue miembro de la *Royal Society*, de la Real Academia de Ciencias de Berlín, correspondiente de la de París y consiliario de la de San Fernando.

¹⁷ Antonio Ulloa y de la Torre-Guiral nació en Sevilla en 1716. Su padre lo embarcó a los trece años para que se fortaleciese con el cambio de aires y de vida, pues era de constitución débil y enfermizo. El 28 de noviembre de 1733 consigue una plaza en la Academia de Guardias-Marinas de Cádiz. En 1734 es designado para la famosa expedición al Perú organizada por la Academia de Ciencias de París. Cuando regresa a España, en un barco francés, es apresado por los ingleses. En Inglaterra, tras una serie de dificultades, completa su formación y es elegido miembro de la *Royal Society*. Vuelve a España y escribe la *Relacion historica del viage*. En 1749, el marqués de la Ensenada lo envía por Francia, Suiza, Flandes, Holanda, Alemania, Rusia y Países Bálticos para recoger todo tipo de informaciones técnicas y científicas. A su vuelta a España proyecta una academia de ciencias con su compañero Jorge Juan. Es nombrado gobernador de Huancavélica (Perú) y superintendente de su gran mina de mercurio. También es nombrado gobernador de la Luisiana Meridional. Vuelve a España en 1762 y se afina en Isla de León. En 1776 vuelve a América y durante el viaje realiza observaciones sobre la declinación de la brújula. Ulloa publicó con 79 años su última obra *Conversaciones de Ulloa con sus tres hijos en servicio de la Marina*. Murió en Isla de León (Cádiz) en 1795.

¹⁸ 990 mm en el ecuador y 994 mm en París, aproximadamente.

mismas. Jorge Juan, utilizando el cálculo infinitesimal, establece una fórmula en la que da la razón de los dos semiejes del meridiano terrestre en función de las longitudes de arcos de un minuto medidos en distintas latitudes.

Las *Observaciones* tuvieron problemas con la censura inquisitorial. Tras una serie de negociaciones, en las que el jesuita Andrés Marcos Burriel y Gregorio Mayáns apoyaron a Jorge Juan, se llegó a un acuerdo de compromiso. Al final, Jorge Juan tuvo que añadir, al exponer la teoría de Newton acerca de la forma de la Tierra basada en el movimiento de rotación de ésta, la frase: "... pero aunque esta hipótesis sea falsa, la razón del equilibrio siempre probada contra la perfecta esfericidad de la Tierra, ...". De todas formas, Jorge Juan deja claro a lo largo del texto que el objeto de las observaciones era contrastar una teoría que tenía como elemento principal el movimiento de la Tierra. Podemos leer en la segunda edición de las *Observaciones* lo siguiente:

“¿Será decente con esto obligar a nuestra Nación a que, después de explicar los Systemas y la Philosophia Newtoniana, haya de añadir a cada phenomeno que dependa del movimiento de la Tierra: pero no se crea éste, que es contra las Sagradas Letras? ¿No será ultrajar éstas el pretender que se opongan a las más delicadas demostraciones de Geometría y de Mechanica? ¿Podrá ningún católico sabio entender esto sin escandalizarse? Y, quando no hubiera en el Reyno luces suficientes para comprehenderlo ¿dexaría de hacerse risible una Nación que tanta ceguedad mantiene?”

Con Jorge Juan se entra en una etapa del desarrollo científico español del siglo XVIII. Fruto de sus largos años de estudio y experimentación en la bahía gaditana fue su obra *Examen marítimo*. Se trata de un tratado de mecánica aplicado a la navegación. La obra fue traducida al francés, al inglés y al italiano. Esta nueva etapa alcanzó su momento culminante en el reinado de Carlos III (1759-1788). Marineros españoles participaron en diversas exploraciones científicas, llegando a medir, por ejemplo, la altura del Teide por procedimientos barométricos (Gallego et al. 1999). Los tránsitos de Venus, en 1761 y 1769, y de Mercurio, en 1789, fueron otra ocasión para que científicos españoles contribuyeran al desarrollo de la física. El tránsito de Venus de 1761 fue observado desde Madrid por el ingeniero Carlos Le-Maur y por el jesuita austríaco Christian Rieger, profesor de matemáticas del Colegio Imperial. Carlos Le-Maur es una muestra del grado de integración de muchos de los científicos y técnicos extranjeros venidos a nuestro país. Además de sus múltiples trabajos como ingeniero, publicó diversas obras científicas, como sus observaciones del tránsito de Venus de 1761 y un *Discurso sobre la Astronomía*. Este *Discurso* debe figurar junto a las obras de Jorge Juan en la historia de la introducción en España de la mecánica y la astronomía newtonianas. El tránsito de Venus de 1769 fue observado por Tofiño¹⁹ y otros astrónomos desde Cádiz. También fue observado desde la Baja California por Salvador Medina, Pauly, Vicente Doz y Joaquín Velázquez de León²⁰. José Ignacio Bartolache²¹ y José Antonio Alzate y

¹⁹ Vicente Tofiño y Vandewale nació en Cádiz en 1732. Al igual que su padre, Diego Tofiño de San Miguel, siguió la carrera militar. Jorge Juan lo reclamó en 1755 para ocupar el puesto de tercer maestro de matemáticas en la Academia de Guardias-Marinas. Posteriormente llegó a ser director de ésta. En Cádiz, se dedicó fundamentalmente a la astronomía. Fruto de esta labor, publicó en colaboración con José Varela y Ulloa *Observaciones astronómicas hechas en Cádiz, en el Observatorio Real de la Compañía de Cavalleros guardias marinas* (Cádiz, imprenta de la Compañía, 2 vols., 1776-1777). En 1783 se le encomendó la elaboración de un *Atlas marítimo de España*. Esta obra puede considerarse como el punto de partida de la moderna cartografía española. Murió en Isla de León (Cádiz) en 1795.

²⁰ Velázquez de León nació en Acebedocla (México) en 1732. Estudió en la ciudad de México y fue

Ramírez²² lo hicieron desde la ciudad de México. La discusión de las observaciones fue realizada por José Joaquín Ferrer y Cafranga²³, obteniendo un valor para el paralaje del Sol coincidentes con el obtenido por Laplace a partir de la teoría de la Luna. El tránsito de Mercurio fue observado desde Montevideo por Alejandro Malaspina²⁴ y Dionisio Alcalá Galiano²⁵.

catedrático de matemáticas en la Universidad desde 1765. José de Galvez, visitador y futuro ministro de Indias, le encomendó diversos trabajos por su experiencia minera. Uno de éstos fue en la Baja California. Allí recibió a la Comisión Hispano-Francesa que haría la observación del paso de Venus por el disco del Sol el 3 de junio de 1769. Ésta se realizó con éxito, pero una epidemia quitó la vida a los astrónomos Jean Chappe d'Auteroche y Salvador Medina. Pauly, Doz y Velázquez fueron los que dieron cuenta de las observaciones. Su obra *Descripción histórica y topográfica del valle, las lagunas y ciudad de México* quedó inconclusa. Sin embargo, contiene información sobre aspectos geográficos, geológicos, mineralógicos y meteorológicos. Estos resultados fueron utilizados por Alexander von Humboldt. Velázquez murió en México en 1786.

²¹ Nació en Guanajuato (México) en 1738. Pese a su orfandad consiguió estudiar gracias a personas como Joaquín Velázquez de León. Entre 1767 y 1773, sustituyó a Velázquez de León en la cátedra de matemáticas. Publicó *Lecciones matemáticas* (México, Biblioteca Mexicana, 1769), que revela su formación moderna. En 1772, logró el título de Doctor en medicina y emprendió la publicación de un periódico médico llamado *El Mercurio volante*. Salieron 16 números, del 17 de octubre de 1772 al 10 de febrero de 1773, con interesantes ensayos de medicina moderna. Murió en México en 1790.

²² Nació en Ozumba (México) en 1737. Fue ordenado presbítero. Hijo de familia acomodada, no tuvo problemas para publicar sus periódicos, que él mismo financiaba. Fue autodidacta en materias científicas. Trabajó toda su vida en la secretaría del arzobispado de México, sobre todo como traductor de letras apostólicas. En su obra se dan dos aspectos principales. Por un lado, la divulgación científica y la observación astronómica. Por otro, la crítica de la sociedad y del gobierno de su tiempo. También tuvo una importante labor cartográfica. Aparte de su observación del tránsito de Venus realizada con Bartolache, se ocupó de fijar la latitud y longitud de México. También publicó dos folletos en 1770, uno sobre sus observaciones de un eclipse de Luna y otro sobre observaciones meteorológicas realizadas en los seis últimos meses de 1769. También realizó importantes investigaciones en el campo de la historia natural, así como en arqueología.

²³ Nació en Pasajes de San Juan (Guipúzcoa) en 1763. Consiguió un empleo en la Real Compañía Guipuzcoana, tras acabar sus primeros estudios. Partió rumbo a Caracas y su barco fue apresado por los ingleses y conducido a Inglaterra. Gracias a las influencias de su familia, fue internado en un colegio, donde alcanzó un gran nivel en matemáticas y astronomía, así como un perfecto dominio del inglés. Regresó a España y embarcó hacia Perú en 1787. En Lima consiguió una considerable fortuna con sus negocios. Volvió a Cádiz y de ahí marchó a México, donde determinó la posición geográfica y altitud de varios picos. Volvió a Cádiz, colaborando con el Observatorio Astronómico de San Fernando. En 1799 se traslada a Estados Unidos por sus negocios y se instala en Nueva York. Alternando con su actividad comercial, realiza observaciones astronómicas y determina posiciones geográficas de varios puntos de Estados Unidos y de la América septentrional. Observó el eclipse de Sol del 16 de junio de 1806, llegando a la conclusión de que la corona debe ser la atmósfera solar y no la lunar. Publica sus observaciones en las *Transactions* de la *American Philosophical Society*, de la que es miembro desde 1801. Desde Nueva York mantiene contacto con astrónomos europeos como Lalande, Delambre, Arago, Laplace y Humboldt. En 1811 se traslada a La Habana y en 1813 viaja a Cádiz. Poco después marcha a Inglaterra, donde visita el Observatorio de Greenwich. En 1814 pasa de Londres a París y a finales de año vuelve a España. En 1817 fija su residencia en Bilbao, donde muere en 1818. En cuanto a las observaciones del paso de Venus, Laplace dijo en una memoria incluida en la *Connaissances des temps* para 1818 respecto a la paralaje del Sol calculada por Ferrer: "El señor Ferrer, sabio astrónomo español, acaba de confirmar esta paralaje en una nueva discusión de las observaciones del paso de Venus hechas en 1769, en la cual él mismo ha rectificado las suyas propias respecto a la longitud y latitud de los lugares donde fue observado el referido paso en América. Lo perfectamente acorde de todos estos valores determinados por fenómenos tan diversos y desemejantes es una nueva confirmación del principio de gravedad o pesantez universal".

²⁴ Nació en Mulazzo (Italia) en 1754. Era miembro de una importante familia noble italiana. Dedicó su vida al servicio de la armada española. En 1774, ya era guardia-marina en Cádiz. Ascendió a alférez de fragata y realizó sus primeros viajes por el Atlántico y el Pacífico. Participó en varios combates navales contra los ingleses y fue hecho prisionero en una ocasión. En 1782, es ascendido a capitán de fragata y da una vuelta al mundo con el navío Astuca. Se le pone al frente de una ambiciosa expedición científica, en

Uno de los temas que más popularidad alcanzó fue la electricidad. Entre los instrumentos traídos de Europa por Jorge Juan y Antonio Ulloa se encontraba una máquina de rotación con la que se realizaron varios experimentos en Madrid. El primer libro publicado en España sobre electricidad fue la traducción que realizó José Vázquez y Morales en 1747 del *Essai sur l'électricité des corps* de Nollet. Podemos incluso añadir las contribuciones a la telegrafía óptica y eléctrica de Agustín de Betancourt y Francisco Salvá y Campillo (Vera 1937).

El punto más alto de la trayectoria científica española y su frustración posterior se refleja en las vidas de científicos como Gabriel Císcar, José María Lanz y Agustín de Betancourt. Éste último, tras formarse en los Reales Estudios de San Isidro en Madrid, pasó varios años en París por deseo del gobierno del conde de Floridablanca con el propósito de dedicarse a los estudios de hidráulica y mecánica. Allí, realizó estudios sobre la fuerza expansiva del vapor y diseñó un modelo de máquina de vapor de doble efecto. Hizo importantes trabajos de telegrafía óptica con Abraham Louis Bréguet. Escribió en colaboración con Lanz el *Essai sur la composition des machines*, el primer manual de máquinas y mecanismos en la historia de la ingeniería europea. Betancourt emigró a Rusia en 1808 y se convirtió en la figura central para el desarrollo de la ingeniería en el imperio zarista. Lanz pasó la última etapa de su vida en una fábrica de relojes fundada por el citado Bréguet en París. Císcar, por su parte, fue condenado a muerte y acabó sus días en Gibraltar.

Lamentablemente, los acontecimientos políticos de finales de siglo, la guerra de la Independencia y, después, el reinado de Fernando VII arruinaron el panorama científico español. Fue un auténtico periodo de catástrofe que, por desgracia, volvió a repetirse con la Guerra Civil Española de 1936, cuando se vino abajo el esfuerzo de físicos y matemáticos de finales del XIX y principios del XX para recuperar el tiempo perdido desde el reinado de Fernando VII hasta la generación del 98.

Para comprobar hasta qué punto llegó a ser catastrófica la situación de la física española en la primera mitad del siglo XIX, en la voz FÍSICA en el *Diccionario general, usual y clasico de educacion, instruccion y enseñanza* de Pío Zuazua (1847), profesor de idiomas en el Instituto de San Sebastián, podemos leer que “esta ciencia tan importante como extensa comprende”: la astronomía, la geografía, la física propiamente dicha, la mecánica, la química, la historia natural (y ésta, a su vez, comprende la geología, mineralogía, botánica y zoología), la hidráulica, la estática, la hidrostática, la dinámica, la hidrodinámica, la atmología²⁶, la acústica, la óptica, la dióptrica, la catóptrica, la electricidad, el galvanismo y el magnetismo. Esta concepción globalizadora de la física,

1789, destinada a estudiar la costa occidental del continente americano y una extensa zona del Pacífico. El viaje se prolongó durante más de cinco años y en septiembre de 1794 volvieron a Cádiz. Malaspina fue ascendido a brigadier de la armada en 1795. Como su influencia política era cada vez mayor, Godoy lo implicó en una intriga y fue destituido de todos sus cargos. Fue condenado a diez años de prisión en el castillo de San Antón, en La Coruña. La pena de prisión le fue conmutada por el destierro a las tierras de su familia un año después. Murió en Pontremoli (Italia) en 1809.

²⁵ Nació en Cabra (Córdoba) en 1762. Participó en la guerra contra Inglaterra en 1779 como oficial de la marina. En 1785 fue designado a la expedición de Antonio de Córdoba al estrecho de Magallanes. Colaboró con Tofiño. En 1778, participó en una expedición cartográfica a las Azores. En 1789, embarcó para América del Sur con Alejandro Malaspina. Alcalá Galiano fue reconocido como uno de los navegantes más innovadores de la época. Murió en Trafalgar (1805).

²⁶ “Ciencia del vapor y de sus aplicaciones”, según indica el autor.

que se había abandonado a principios del siglo XIX en los países europeos desarrollados, aún se mantenía en España a mediados de siglo y se mantendría, en casos aislados, hasta el siglo XX (Cobos Bueno y Vaquero Martínez 1998c).

Parte de culpa en este fracaso lo tenían las leyes y los planes de estudio de las universidades españolas. Hasta 1857, con la Ley Moyano, no se creó la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. La física había estado relegada en una facultad menor, la de Artes, preparatoria para las facultades mayores –Cánones, Leyes, Teología y Medicina–, en las que se hacía “carrera”. La física estaba integrada en las Instituciones Filosóficas, que se cursaban en el siguiente orden: I. Historia de la filosofía y elementos de matemáticas, II. Lógica y metafísica, III. Física general, IV. Física particular. Todo esto se hacía en un latín cada vez menos adecuado para la enseñanza. Por esta razón, los reformistas ilustrados intentaron siempre publicar libros de texto en castellano. Aún en el periodo absolutista de Fernando VII fueron impuestos libros de física en latín (Guevara, Goudin y Amat).

Hay que destacar algunos cambios importantes nacidos de la Ley Moyano respecto de la enseñanza de la física. El reglamento del Marqués de Corvera de 7/9/1858, desarrollando la citada ley, crea la asignatura *Teoría de los fluidos imponderables* (los conocidos calórico, lumínico, eléctrico y magnético), con lo que se da un carpetazo definitivo a los restos escolásticos. De esta manera se olvidan los planteamientos de búsqueda de causas primeras y formas sustanciales para iniciar una formulación de los hechos de la naturaleza a partir de modelos físicos, aunque fuesen tan sencillos como los fluidos imponderables. Esta asignatura se mantuvo hasta el plan de Fermín Lasala de 13/8/1880, en la que fue sustituida por *Física Superior*. Esta física superior era una ampliación de la física general. Su contenido era similar a las obras de Jamin²⁷ y Eduardo Lozano²⁸, que junto a la de Ganot eran las más utilizadas. Debemos señalar que en el texto de Eduardo Lozano se agrupan las materias utilizando como criterio el concepto de energía y su conservación, lo que constituye un síntoma de gran modernidad. Por último, en el plan García Alix (R.D. de 3/8/1900) la *Física superior* queda dividida en las asignaturas *Termodinámica* (que pasa a *Termología* por R.O. de 28/9/1900), *Acústica y Óptica* y *Electricidad y Magnetismo*.

Mediante un Real Decreto, el día 25 de febrero del año 1847 se creaba la Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Ésta tenía un carácter dependiente de la administración estatal y, en buena medida, era un órgano consultivo en materias científicas y afines. Gracias a la Real Academia, nacía la *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, publicada sin interrupción desde 1850 hasta 1868, que tenía por objeto ofrecer a las personas estudiosas un medio para que pudieran seguir los adelantos de la ciencia. Podemos señalar como ejemplos de lo publicado (Pérez García y Muñoz Box 1988):

- *Observaciones sobre la naturaleza del calor*, por Joule. Aparece en el tomo VII, correspondiente al año 1857.
- *Estudios ópticos de los movimientos vibratorios*, por Lissajoux. Aparece en el tomo VII, correspondiente al año 1857.
- *De la relación entre la facultad emisiva y la absorbente de los cuerpos respecto al calor y la luz*, por Kirchhoff. Aparece en el tomo X, correspondiente al año 1869.

²⁷ Jules-Celestin Jamin, *Cours de Physique de l'École Polytechnique* (París, 1858-1866). 3 vols.

²⁸ Eduardo Lozano y Ponce de León, *Elementos de física general* (Madrid, 1890). 1ª edición.

- *De la proporción de la ley electrodinámica fundamental con el principio de conservación de la energía y una nueva simplificación*, por Clausius. Aparece en el tomo XX, correspondiente al año 1879.

Uno de los propósitos que se repetían insistentemente en las Actas de la Real Academia era difundir la ciencia extranjera. De aquí nacieron los “Extractos de Revistas” publicados desde 1850 en el *Boletín del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas*. Así, se reproducían artículos de diferentes revistas europeas traducidos al castellano. Podemos citar (Moreno González 1988):

- *Acción del imán sobre todos los cuerpos*, Auguste de la Rive (1850).
- *Nuevo modo de medir la velocidad de la luz*, Hippolyte Fizeau (1850).
- *Discurso de Lamé en el curso de Cálculo de Probabilidades de la Facultad de Ciencias de París* (1851).
- *Nota histórica de Mac Laurin* (1851.)
- *De las hipótesis relativas al éter luminoso*, Hippolyte Fizeau (1853).
- *Memoria sobre la velocidad de la luz*, Arago (1854).
- *Sobre la equivalencia del trabajo mecánico y del calor*, Soret (1854).
- *Acción del Sol en las variaciones periódicas de la aguja imantada*, Secchi (1854).
- *Velocidad de la electricidad*, Faraday (1855).
- *De la inducción eléctrica y de la asociación de los estados estático y dinámico de la electricidad*, Faraday (1855).
- *Observaciones sobre la naturaleza del calor y la constitución de los fluidos elásticos*, Joule (1857).
- *Estudio óptico de los movimientos vibratorios*, Lissajoux (1857)²⁹.
- *Sobre las propiedades electrodinámicas de los metales*, Thomson (1858).
- *Relación entre el magnetismo, el calor y la torsión*, G. Wiedemann (1858).
- *Análisis espectral*, Plucker (1863).

Gracias a iniciativas como ésta y a la entrada de libros extranjeros, la física española comienza a estar conectada con la europea y se empapa del ideal mecánico para la interpretación de los fenómenos naturales.

El panorama científico español de finales del XIX es pobre en lo referente a la física si tomamos como criterio la producción científica propia. Existe lo que López Piñero ha llamado una generación intermedia, nacida entre el reinado de Isabel II y los inicios de la Restauración. José Echegaray (1838-1916) sobresale en las ciencias físico-matemáticas por su esfuerzo para importar los conocimientos de fuera de nuestras fronteras. Son los nacidos en torno a 1850 los que se ocupan de iniciar la recuperación de la ciencia española, sobre todo en medicina, ciencias naturales y astronomía. Respecto a la física, hay que esperar hasta la generación nacida en torno a 1880 (Cabrera, Terradas, Plans, Carrasco,...) para constatar una manifiesta recuperación (Moreno González 1998a; 1998b).

El desastre nacional de 1898 desencadenó la segunda crisis de la conciencia nacional (la primera se asocia con el movimiento novator), que tuvo como consecuencia el fomento del asociacionismo científico y la búsqueda urgente de soluciones para la universidad y

²⁹ Vemos que estos dos últimos artículos también se encuentran en la lista anterior. Este es un ejemplo más de lo complicado que resultaba obtener información del extranjero para los científicos españoles.

los demás centros de enseñanza. Ya hemos comentado que con el plan de García Alix, en 1900, se llega a unos planes de estudio modernos para la física, al menos en el espíritu de la ley. Respecto al asociacionismo científico, sobresale la Sociedad Española de Física y Química, que fue fundada en 1903 para ‘fomentar el estudio de estas ciencias y publicar los trabajos a ellas referentes’. La Sociedad fue reconocida como Real en 1928 por Alfonso XIII. A esta Real Sociedad, actualmente desdoblada en dos, pertenecieron prácticamente todos los profesores españoles de física y de química, tanto universitarios como de Segunda Enseñanza, aparte de otras personas interesadas (Moreno González 1998c).

Sin embargo, el organismo que mejor propició la renovación pedagógica y la iniciación científica fue la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE). Fue fundada por el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes en 1906 y presidida por Ramón y Cajal desde sus inicios hasta su muerte en 1935³⁰. El organismo resultante de la remodelación de la JAE realizada por el gobierno franquista a partir de 1939 es el actual Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). La JAE creó y mantuvo desde 1910 el Laboratorio de Investigaciones Físicas. En 1932, dicha institución se convirtió en el Instituto de Física y Química gracias a una donación de la *Rockefeller Foundation*. Aquí se desarrolló casi toda la investigación científica en áreas como electricidad y magnetismo, rayos X, espectroscopía, química-física, química orgánica y electroquímica. Durante esta época, toda una pléyade de científicos españoles como Esteban Terradas, Blas Cabrera, Julio Palacios, Miguel Catalán, Rocasolano y Pedro Carrasco, por poner unos ejemplos, consiguieron elevar el nivel de la física española hasta el reconocimiento internacional. Este periodo de éxito fue cortado tajantemente por la guerra civil de 1936.

³⁰ Para un mayor conocimiento de la JAE puede consultarse Moreno González y Sánchez Ron (1987).

1.3. Los libros de texto y el éter.

El libro de texto puede considerarse como una herramienta de trabajo de carácter pedagógico y didáctico, desarrollado para transmitir conocimiento y para formar la personalidad. En este sentido, el libro de texto ha sido un objeto de interés para los poderes públicos. Además, el mundo del libro de texto es sumamente complejo ya que éste puede considerarse como un objeto cultural, comercial y tecnológico. Los manuales escolares tienen un atractivo especial que los hace sumamente adecuados para convertirse en objetos de la política educativa. Hay que tener en cuenta que los libros de texto están dirigidos a un público infantil y juvenil, muy receptivo respecto a las orientaciones políticas, religiosas y morales que impregnan los manuales. Otro aspecto importante reside en que el contenido de los textos no tiene nada que ver con el carácter efímero y temporal de las lecciones orales. Así, el libro de texto permite un uso frecuente y repetido. Un último aspecto que debemos recordar es que el libro escolar puede ser difundido por todo el estado. Estos hechos y el carácter rural de la España del siglo XIX y principios del XX nos permiten comprender la importancia del libro de texto como medio más idóneo para la educación.

Por otra parte, los libros de texto se han convertido en un interesante elemento de estudio para los historiadores y filósofos de la ciencia, inspirados especialmente en las ideas de Kuhn sobre la estructura de las revoluciones científicas. Kuhn puso de moda el término “paradigma”, una realización científica que atrae a un grupo duradero de partidarios y es, a la vez, lo suficientemente incompleta para dejar muchos problemas para que sean resueltos por ese grupo de científicos. Para Kuhn “ciencia normal” significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas y que una comunidad de científicos reconoce como su práctica habitual. Según Kuhn, la ciencia “normal” está relatada, aunque raramente en su forma original, por los libros de texto científicos, tanto elementales como avanzados (Kuhn 1971).

Durante todo el siglo XIX y los primeros años del XX, la política del libro escolar en España se va a desarrollar con tres marcos diferentes: (a) imposición por el poder político del libro de texto, (b) libertad completa del profesor para elegir texto y (c) libertad del profesor para elegir texto dentro de una lista elaborada por un órgano designado por el poder político. La imposición del libro de texto desde el poder político se produjo en el absolutismo fernandino y en una etapa de la dictadura del general Primo de Ribera. La libertad completa del profesor para elegir libros de texto se dio en un primer período tras la muerte de Fernando VII y durante el período revolucionario de la Gloriosa. El sistema de lista fue utilizado durante gran parte de la época que estudiamos. Con este sistema, los políticos liberales consiguieron conjugar la uniformidad de la enseñanza con la libertad de elección del profesor, garantizándose la calidad de los textos y, de paso, la idoneidad de sus ideas políticas y religiosas. En el Plan Pidal de 1845, se justificaba el sistema de listas con estas palabras:

“Desde el arreglo provisional de 1836 prevaleció el sistema de dejar al profesor entera libertad para elegirlos. Sin examinar ahora la bondad absoluta de este sistema, lo cierto es que su adopción ha sido prematura en España, y sus resultados nada favorables. Ejemplos se han visto verdaderamente escandalosos de catedráticos que, abusando de esta libertad, han señalado textos que por su antigüedad, su descrédito o su ninguna conexión con el objeto de la asignatura, más bien que de enseñanza servían a los jóvenes de errada y funesta guía. Verdad es que cuando el Gobierno prescribe los libros de enseñanza, entra el recelo de que tienda a comprimir las ideas

o establecer un monopolio exclusivo a favor de autores determinados. El proyecto, huyendo de estos extremos, establece que el consejo de Instrucción Pública forme para cada asignatura una lista corta de obra selectas, entre las cuales pueda elegir el catedrático la que mejor le parezca, y que esta lista sea revisada por la misma corporación cada tres años. Este método, seguido con ventaja en otros países, al paso que pone coto a los inconvenientes de la libertad absoluta, deja suficiente campo a las personas doctas para dedicarse a la composición de libros útiles, y acaso las favorece, porque el fallo de una corporación imparcial e ilustrada se inclinará siempre al verdadero mérito, mientras el interés propio, la desidia o los compromisos suelen ser causa de que los meros profesores se decidan por obras de valor escaso” (Varios 1846, 205-206)

El método de las listas tendrá en la Ley Moyano –Ley de Instrucción Pública de 9 de septiembre de 1857– su consagración legal y, con ello, estabilidad a lo largo de la vigencia casi centenaria de la ley.



Figura 1.1. Claudio Moyano.

Tras el fallecimiento de Fernando VII, fue dispuesto en 1834 un reglamento de imprentas, que permitió cierta libertad en las publicaciones, en particular las científicas. Como consecuencia del centralismo de los planes de estudio, como el Plan Pidal o la Ley Moyano, se impulsó la elaboración de programas de las asignaturas y libros de texto que no sólo fueran traducciones de autores extranjeros, sino que fuesen originales. De esta manera, se inició una producción científica nacional, con mayor o menor calidad, según los casos. Los planes de estudio solían aconsejar sobre los libros de texto más afines al espíritu de éstos. El procedimiento de listas se utilizó también con los libros de física. Una de las primeras comisiones fue la constituida durante la regencia de Espartero el 12 de febrero de 1841. La comisión fue nombrada por la Dirección General de Estudios. Estaba formada por Francisco Travesedo y Joaquín Alonso –por parte de la sección de ciencias exactas– y Donato García y Pascual Asencia –por la de ciencias naturales–. Para ciencias exactas, recomendaron para la asignatura de física a los autores Despretz (traducido por Álvarez), F. S. Beudant (traducido por Nicolás Arias) y Jean Baptiste Biot. Para ciencias naturales, recomendaron como libros de texto para la asignatura de física experimental a los autores Despretz, Beudant y Antonio Libes (traducido por Pedro Vieta). Por la R.O. de 30/10/1847, son recomendados los libros:

Curso elemental de física, de Deguin; *Tratado elemental de física*, de Beudant; *Elementos de física*, de Pouillet y el *Curso elemental completo de física experimental*, de Fernando Santos de Castro. Podemos destacar el libro de Genaro Morquenchó Palma *Elementos de física y química* de entre los libros presentados para su aprobación según R.O. de 31/10/1848 (Moreno González 1988, 303-305).

Lo primero que salta a la vista al comparar las obras de física es el gran parecido que existe entre textos de diferentes autores. Se procuraba que los profesores escribiesen sus propias obras de texto e, incluso, se premiaba por ello. Por otro lado, como consecuencia de la política centralista educativa, la administración quería que la enseñanza fuese la misma en todas partes. La conciliación entre las dos posturas tuvo como resultado el que los libros de texto sólo sirviesen para exponer la ciencia y no para destinarse a nuevas investigaciones. La consecuencia de ello era que los libros de texto se escribían, prácticamente, con el programa oficial del Ministerio de Fomento como índice. Hubo personas que, interesadas por la enseñanza de la ciencia, protestaron por la política llevada a cabo con los libros de texto. Uno de los más representativos fue el extremeño Eduardo Lozano y Ponce de León³¹. Pedía en sus escritos que los programas se refiriesen estrictamente a la extensión de las materias y no al método, así como que se incluyeran en el programa los libros más acordes con la asignatura, pero sin la obligación de seguirlos.

Respecto a la situación real del libro de texto en las instituciones educativas de este período, podemos saber qué libros de texto se utilizaban en la enseñanza de la física durante el curso académico 1892-1893 gracias a la R. O. del 19 de mayo de 1893. Ésta, dictada cuando Segismundo Moret era Ministro de Fomento y Eduardo Vincenti Director General de Instrucción Pública, sirvió para realizar una investigación sobre los libros de texto que se empleaban en la Segunda Enseñanza y en la universidad. El resultado de aquella investigación fue publicado en el Cuaderno Informativo nº 2 del *Boletín Oficial de la Dirección General de Instrucción Pública* (Madrid, 1894) y ha sido reproducido parcialmente hace unos años (Moreno González 1988, 501-531).

Veamos, en primer lugar, los libros de texto que se utilizaban en la universidad para la enseñanza de la física general. Hemos de decir que existieron asignaturas en la que no se usaron libros de texto y se utilizaron las explicaciones del profesor. Ejemplos de este hecho son las asignaturas “Física superior” (Universidad de Barcelona), “Ampliación de física” (Universidad de Sevilla) y “Prácticas de física superior” (Universidad de Madrid). En la tabla 1.1, podemos observar los distintos autores de los libros de texto utilizados. Los libros extranjeros eran franceses. La obra de Jules Jamin que se cita debe ser *Cours de physique* (Paris: Gauthier-Villar, 1891). El autor denominado Buiquet debe ser Henri Buignet, que escribió la obra *Manipulations de physique: cours de travaux pratiques professe a l'ecole superieure de pharmacie de Paris* (Paris: J.B. Bailliere et Fils, 1876).

³¹ Con el seudónimo de L. Opando Uceda, Lozano publicó “Programas y libros de texto” en la *Revista de la Sociedad de profesores de ciencias*, Tomo VI, Madrid, 1875, pp. 232-235. Con el seudónimo “Un Extremeño” publicó el mismo artículo en la revista *El Magisterio Extremeño* (Lozano 1875). En esta misma revista y sobre el mismo tema, Ildefonso Fernández Sánchez publicó otro escrito sobre el tema (Fernández Sánchez 1876).

Tabla 1.1. Número de asignaturas universitarias donde eran utilizados diferentes textos durante el curso 1892-1893.

Autor	Número de asignaturas donde era utilizado
Ganot	4
Feliú Pérez	3
Jamin	2
Argenta	1
Rubio Díaz	1
Bellido Carballo	1
Muñoz del Castillo	1
Sanjurjo	1
Lozano	1
Malosse	1
Buiquet	1

La diversidad de textos utilizados en las asignaturas de física en la universidad española durante el año 1893 se aprecia claramente en la tabla 1.1. Hemos de observar que, aunque existe un amplio conjunto de textos, en más de la mitad de las asignaturas que usaban manuales se utilizaban los escritos por Ganot, Feliú y Jamin. Hay que resaltar especialmente el texto del francés Ganot, ya que era el más usado.

Los autores de los textos que se utilizaban en los Institutos de Segunda Enseñanza españoles para impartir la asignatura de física y química en el año 1893 aparecen en la tabla 1.2. La variedad de textos utilizados es aún más amplia que la anterior. En total, son veinte textos diferentes los que se utilizaban. También hay que señalar que algunos textos se utilizaban tanto en la universidad como en la segunda enseñanza, variando la extensión de lo que impartía el profesor. Otro aspecto importante de señalar es que en la lista se mezclan textos dedicados exclusivamente a la física y otros, explícitamente pensados para la asignatura, dedicados a la física y la química. Así, encontramos casos curiosos como el del Instituto de Murcia, donde se impartía la asignatura de física y química con tres textos: uno de física, uno de química y otro de mecánica (todos escritos por José M^a Amigó Carruana). De todas formas, éste fue un caso excepcional. Lo normal fue utilizar un texto –como en el Instituto de Vitoria, donde se utilizaban los *Elementos de física y química* de Rodríguez Largo– o dos –como en el Instituto de Valencia, donde se usaba para la física el Ganot y para la química un texto de Lozano–. Los textos más importantes, respecto al uso y utilización en la asignatura de física y química, se pueden apreciar en la tabla 1.2. Más de la mitad de los profesores utilizaba para la asignatura de física y química alguno de los siguientes libros: Márquez Chaparro, Rodríguez Largo, Lozano, Feliú y Soler. Aun así, la diversidad de textos es notoria y la mayor parte de los manuales son de autores españoles. Tan sólo se utilizaba un texto en francés –*Traité de Physique élémentaire* de Ch. Drion y E. Fernet– y alguna traducción al castellano del reconocido texto del francés A. Ganot (Holbrow 1999).

Otros libros fueron incluyendo nuevos materiales edición tras edición. Se trataba generalmente de ampliaciones de tipo menor, como descripciones de nuevas máquinas y experimentos. Debido a la dificultad para deshacerse de viejos materiales, estos libros fueron creciendo en tamaño de manera considerable. La figura 1.2 ilustra lo que estamos diciendo. Se ha representado el número de páginas de tres textos representativos frente al tiempo. Los textos son los libros de física general de Ganot,

Iglesias y Feliú. Podemos apreciar el incremento en el número de páginas de una edición a otra, especialmente en los libros de texto de Ganot e Iglesias.

Tabla 1.2. Número de Institutos de Segunda Enseñanza donde eran utilizados diferentes textos de física durante el curso 1892-1893.

Autor	Número de Institutos Donde era utilizado
Márquez Chaparro	7
Rodríguez Largo	6
Feliú y Pérez	6
Lozano	6
Soler Sánchez	5
Rubio Díaz	5
González Frades	4
Picatoste	3
Escriche	2
Amigó Carruana	2
Morón	2
Rico y Santisteban	2
Fuertes Acevedo	2
Rodrigo Sanjurjo	1
Artal	1
Fallós	1
Drion et Fernet	1
Andrés Montalvo	1
López Gómez	1
Ganot	1

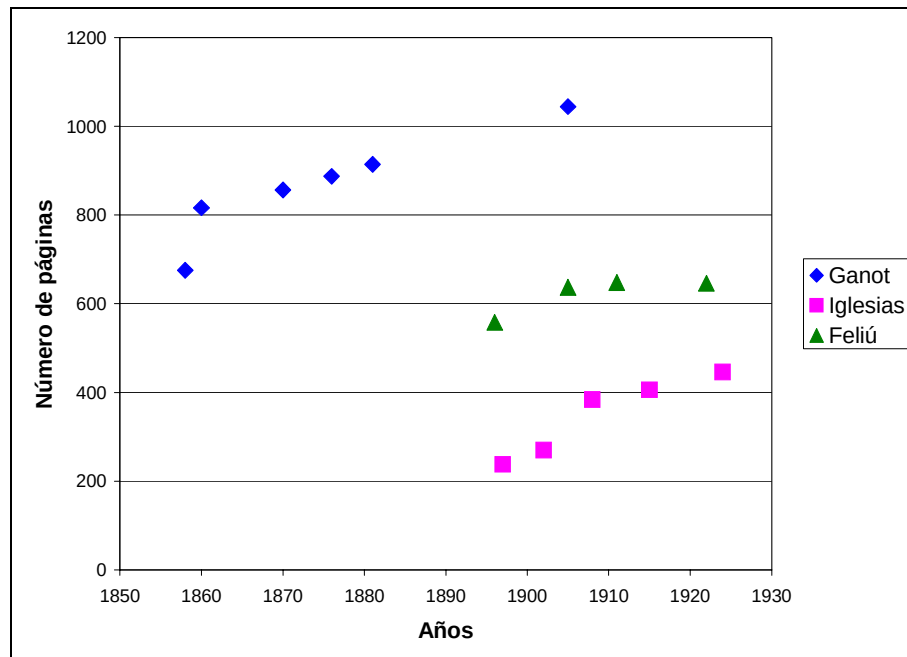


Figura 1.2. Evolución comparativa del número de páginas de los textos escritos por Ganot, Iglesias y Feliú respecto al tiempo.

Sin lugar a dudas, uno de los libros de texto más utilizados durante los últimos años del siglo XIX fue el *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée et météorologie* de Adolphe Ganot (1804-87), por lo que vamos a fijarnos en él especialmente. Su primera edición data de 1853. Aunque esta obra estaba pensada y escrita para los rígidos *lycées* franceses, su uso se generalizó por todo el mundo. La primera edición inglesa fue preparada en 1863 por Edmund Atkinson, físico y químico inglés, y fue conocida en los círculos científicos como “el Ganot de Atkinson”. Éste fue ampliamente utilizado en los Estados Unidos de América y en Europa durante la década de los 70 y los 80 del siglo XIX (Holbrow 1999). El tratado de física de Ganot es representativo de los libros de textos y la pedagogía de la segunda mitad del siglo XIX. Quizás lo más sobresaliente de la obra es la secuencia de grabados relativos a montajes experimentales y aparatos de medida o demostración. En este sentido, el libro puede considerarse una verdadera enciclopedia de aparatos olvidados. Este texto enciclopédico de Ganot fue un verdadero éxito editorial que, desde luego, sobrevivió a sus creadores. La trigésima edición francesa vio la luz en 1934, 47 años después de la muerte de Ganot y la última revisión del conocido como “Ganot de Atkinson” se realizó en 1910, una década después de la muerte de Atkinson.

Moreno González (1988), Sánchez Ron (1992) y Vaquero Martínez (1998a,b) han puesto de manifiesto el esfuerzo educativo que se realizó en España respecto a la física durante el siglo XIX. Es cierto que la física española tuvo una enorme carencia de originalidad. De hecho, los profesionales de la física estaban unidos fuertemente al ámbito de la enseñanza, por lo que sus publicaciones estuvieron limitadas a materiales pedagógicos fundamentalmente. Sánchez Ron (1992) dividió estos textos españoles de física en tres grandes grupos. El primer grupo lo constituían libros de carácter general o de divulgación, tanto de autores extranjeros que eran traducidos al castellano como de autores nacionales. El segundo bloque está formado por libros de texto dispuestos para ser utilizados en escuelas especiales, institutos de segunda enseñanza o Universidades. Algunas características de estos textos pueden verse en Vaquero Martínez (1998a) y en Vaquero y Santos (2001). El último grupo estaba constituido por libros de carácter aplicado, como textos sobre electricidad o máquinas de vapor.

Sin duda, las versiones castellanas del texto de Ganot fueron extensamente utilizadas en España durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera del siglo XX. Es más, Moreno González (1988) ha puesto de manifiesto la similitud entre el programa oficial de la asignatura “física experimental” del curso 1846-47 para el quinto curso de la segunda enseñanza y el índice del texto de Ganot. La primera edición española de la física de Ganot apareció en 1853, llegándose incluso a editar en San Sebastián y Madrid en 1945, últimas ediciones conocidas. Antes de revisar las diferentes versiones y traducciones al castellano de la Física de Ganot, conviene resaltar un hecho importante: las ediciones castellanas poseían un atractivo especial para los libreros ya que tenían un gran mercado internacional. No sólo había que pensar en España, sino en toda Latinoamérica. Esto ha quedado patente en algunos fragmentos de los prólogos:

“Siendo ya obligatorio en las escuelas y colegios de España el sistema métrico decimal, hemos creído escusado el arreglar las medidas de longitud, capacidad y peso á las españolas; y en cuanto á algunas de las Repúblicas latinoamericanas que aun todavía no le han adoptado, hay tantas y están tan estendidas las obras sobre este particular que les será fácil á los alumnos y otras personas hacer semejante reduccion.” (Ganot 1870, p. VI)

“También, como el interés mayor por la Meteorología es hasta cierto punto local, debíamos añadir algunos datos y estados concernientes á nuestra Península y á algunas de nuestras posesiones de Ultramar.” (Ganot 1876, pp. V-VI)

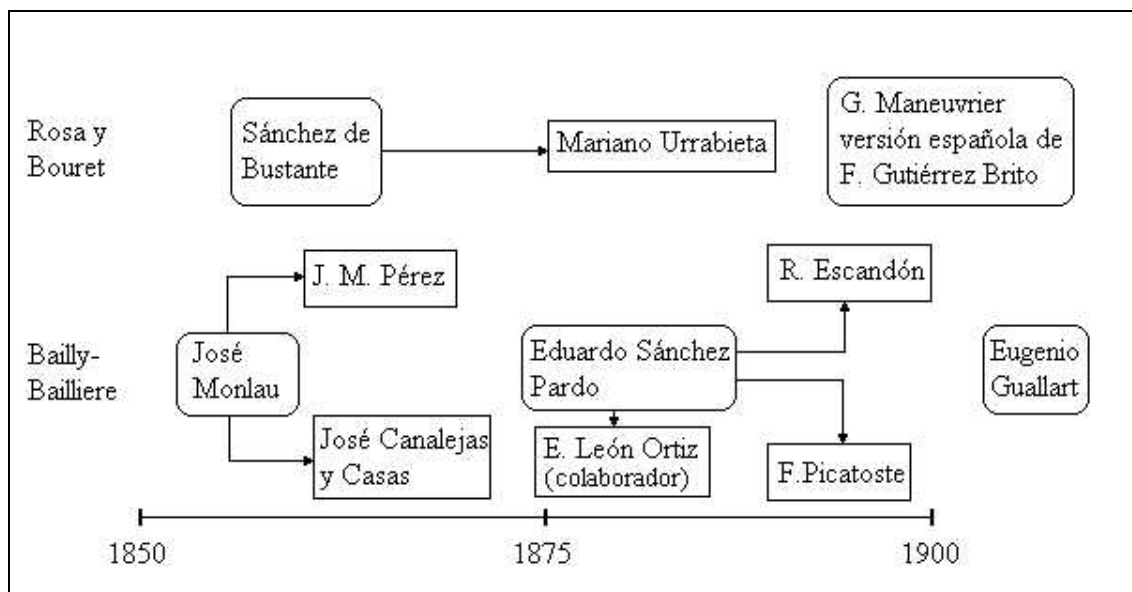


Figura 1.3. Esquema de las diferentes versiones castellanas (mencionadas con el nombre del traductor o adicionador) del “Tratado de Física” de Ganot.

La figura 1.3 quiere ofrecer, sin ser exhaustiva, una visión de conjunto de las diferentes versiones y traducciones castellanas de la Física de Ganot. Las dos grandes casas editoriales que figuran en los pies de imprenta de los textos son las librerías de Bailly–Bailliere y de Rosa y Bouret. La casa editorial de Bailly–Bailliere contó con las traducciones castellanas de José Monlau, Eduardo Sánchez Pardo y Eugenio Guallart a lo largo del período de utilidad de la obra. Estas traducciones tuvieron distintas versiones y adiciones a cargo de diferentes personajes. J. M. Pérez y J. Canalejas Casas estuvieron encargados de realizar versiones de la traducción de José Monlau. R. Escandón y F. Picatoste hicieron lo mismo con la traducción de Eduardo Sánchez Pardo. Éste, para su traducción al castellano, contó con la ayuda de su compañero del Observatorio de Madrid Eduardo León, como queda reflejado en el prólogo de su edición:

“Contábamos para compartir nuestra tarea, con la ayuda de nuestro compañero D. Eduardo León, á quien se deben en su mayor parte las adiciones de Mecánica; pero casi en el principio, concluido el LIBRO III, nuevas é ineludibles ocupaciones impidieron de todo punto á nuestro compañero continuar prestándonos su cooperación.” (Ganot 1876, p. VI)

La casa editorial de Rosa y Bouret también contó con varias traducciones principales: la de A. Sánchez de Bustamante y la de F. Gutiérrez Brito. Mariano Urrabieta fue el encargado de la tarea de editar y adicionar el texto de física de Ganot traducido por Bustamante para la librería de Rosa y Bouret. Las versiones castellanas de A. Sánchez de Bustamante y M. Urrabieta se imprimieron tanto en París como en algunas ciudades latinoamericanas. Esto también sucedió con otras obras de las que eran traductores o autores. Una obra de Sánchez de Bustamante sobre geografía de Perú, Bolivia y Chile (Sánchez de Bustamante 1843) se imprimió en Lima, según consta en el propio libro, aunque en el pie de imprenta figure Madrid. Un tratado de filosofía traducido por M.

Urrabieta (Janet 1882) se imprimió en México y en una de sus versiones castellanas del *Tratado de física* (Ganot 1884a) figura París-México en el pie de imprenta. Por las fechas de edición de los libros y traducciones de Bustamante y de Urrabieta, parece que éste último fue el continuador del primero en la labor de traducir libros de texto para América Latina de la librería parisina de Rosa y Bouret. La otra traducción que sacó a la luz posteriormente la casa editorial de Rosa y Bouret fue la de F. Gutiérrez Brito. Sin embargo, éste no utilizó como base para su traducción la obra original de Ganot, sino una versión de ella preparada por G. Maneuvrier (que fue una edición de gran éxito en el mundo francófono, al igual que la de Atkinson lo fue en el anglófono).

Podemos apreciar una variedad notable de traductores y adicionadores entre tantos personajes citados. De esta forma, nos encontramos desde ediciones a cargo de profesores de segunda enseñanza, como el barcelonés José Monlau, hasta ediciones a cargo de periodistas residentes en París como corresponsales de periódicos madrileños, como es el caso de Francisco Gutiérrez Brito, que se convirtió en un fecundo traductor de obras francesas de todo tipo e incluso publicó obras originales como *Historia Popular de la Ciencia* (París, 1890). También nos encontramos desde astrónomos y matemáticos, como Eduardo León Ortiz, Ramón Escadón y Eduardo Sánchez Pardo, hasta ingenieros de montes, como Eugenio Guallart o ingenieros industriales como José Canalejas y Casas.

Holbrow (1999) ha indicado que la obra de Ganot, como cualquier otro exitoso libro de texto, tendió a la inmortalidad, la obesidad y la proliferación. Esto se hizo más patente en España, si cabe. Vaquero y Santos (2001) han evidenciado la dificultad que tuvieron los autores de libros de texto para desterrar de las páginas de sus obras ideas o contenidos arcaicos. Podemos apreciar esto comparando los contenidos de ediciones de diferentes nacionalidades. La tabla 1.3. muestra contenidos que fueron retirados en la décima edición francesa (Ganot 1862) y, en cambio, volvieron a aparecer en la séptima edición española (Ganot 1876).

Tabla 1.3. Contenidos que no aparecen en la décima edición francesa (Ganot 1862) y sí aparecen, en cambio, en la séptima edición española (Ganot 1876).

Nº de epígrafe	Título
13	Máquina de dividir (principio inverso al usado en el tornillo micrométrico)
45	Ampliación sobre centros de gravedad
55	Máquinas
74	Dinamómetro del Sr. Perreux
77	Índole de las fuerzas moleculares
113	Objeto de la Hidrodinámica
145	Barómetro de cubeta de Alvergnet
155	Ampliación a la medición de alturas por medio del barómetro
164	Barómetro metálico de Bourdon
206	Aparato para reforzar el sonido
288	Termómetro de mínima de mercurio de Cassella
289	Termométrógrafo
455	Aparato de Carré para la fabricación del hielo
586	Teoría de la visión del Sr. Sturm
854	Relojes eléctricos
891	Electricidad animal.

Tanto esta dificultad para retirar los contenidos que iban quedándose más obsoletos como la política editorial basada en versiones y ampliaciones llevó a que el volumen y

tamaño del texto de Ganot fuese en aumento de edición a edición. Para ilustrar esto, hemos realizado la figura 1.4. En ella podemos apreciar el aumento del número de páginas a medida que iban surgiendo más y más ediciones. Presentamos esta figura teniendo en cuenta que el número de páginas puede variar por distintos factores (cambio de tamaño del libro, inclusión de nuevos grabados o cambio en el tamaño de éstos, etc.), aunque creemos que la figura en sí es bastante significativa y cualitativamente nos proporciona una “medida” del aumento de texto que sufrió el tratado de Ganot con el tiempo. En definitiva, las ediciones castellanas del tratado de física de Ganot fueron libros de texto típicos en cuanto a las características más sobresalientes de los textos utilizados para la enseñanza de la física en España durante la segunda mitad del siglo XIX e inicios del siglo XX. Pese a la gran cantidad de ediciones y versiones, los cambios realmente significativos fueron mínimos de edición a edición. Esta gran cantidad de ediciones y versiones produjo que el grupo de personas que se hicieron cargo de ellas fuese amplio y variopinto.

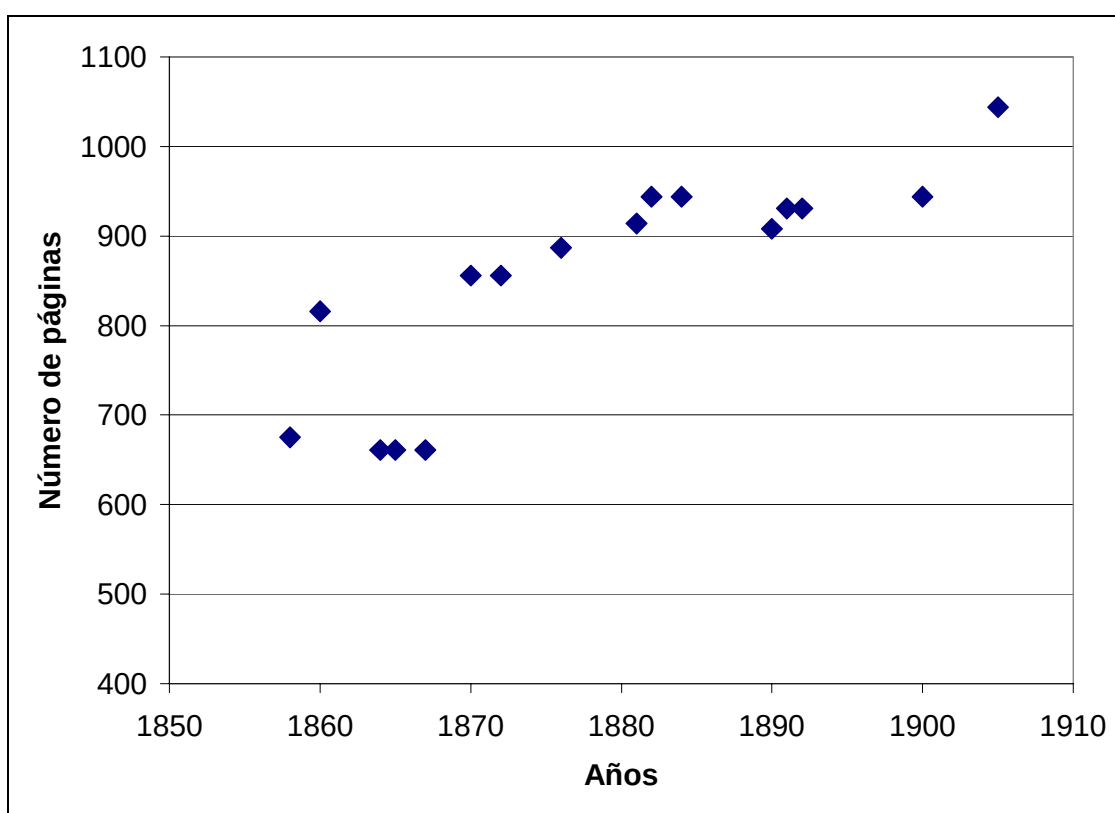


Figura 1.4. Aumento del número de páginas de las versiones españolas del “Tratado de Física de Ganot”. Para realizar esta figura se han utilizado las ediciones que aparecen en la bibliografía.

A la obra de Ganot sólo se le puede culpar del defecto que tuvieron las obras de su tiempo: fomentó un tipo de aprendizaje muy memorístico, con lo que los contenidos no se aplicaban a nuevas situaciones y eran olvidados con facilidad. Muchos textos de física general de esta época tenían una excesiva orientación examinadora. Algunos eran básicamente un recetario de leyes y fenómenos físicos que los alumnos debían aprender si querían superar el examen. Pese a esto, la obra de Ganot fue una referencia obligada para los profesores de física españoles de la segunda mitad del siglo XIX y los primeros años del siglo XX.

Como consecuencia de la política del Ministerio de Fomento de fijar un programa oficial, las distintas ediciones de los libros de texto parecían más bien reimpressiones. La

“inmutabilidad de los textos” a lo largo de las diferentes ediciones llega a ser asombrosa. Como ya se ha dicho, la obra *Tratado elemental de física* de Ganot fue utilizada en muchos institutos y universidades españolas y europeas. La primera edición en castellano data de 1853. En el año 1923 se imprimía la 18ª edición española y aún en 1945 se hizo una edición en San Sebastián, pero las ediciones sólo tienen pequeñas modificaciones respecto a la primera edición francesa. Un ejemplo aún más extremo, pues era una obra con unos planteamientos mucho más anticuados que los del francés Ganot, es el texto de Venancio González Valledor y Juan Chávarri. La 2ª edición data de 1851 y la 10ª edición data de 1870. En veinte años y diez ediciones, la obra permaneció sin un sólo cambio significativo, pese al planteamiento arcaico de sus primeras ediciones. Un ejemplo menos decepcionante es la obra *Elementos de física* de Enrique Iglesias Ejarque. La primera edición es del año 1897 y tiene un planteamiento bastante moderno. Las siguientes ediciones introducen pequeñas ampliaciones del texto, pero jamás un cambio significativo. La 8ª edición data de 1924 y la última de la que tengo noticia es la 10ª edición fechada en 1933.

Hubo una cierta dificultad para introducir nuevos elementos en los libros de texto. Pero la gran dificultad fue eliminar contenidos que se tenían por tradicionales, aunque estuviesen anticuados. El caso de Eduardo Sánchez Pardo es significativo. Tradujo la obra de Ganot, una de las más utilizadas, y escribió en el prólogo:

"Deseoso por su parte el editor D. Carlos Bailly-Bailliére de que nuestro público en general, y particularmente los alumnos de nuestros Institutos y Facultades sigan á la ciencia en sus últimos adelantos, nos encomendó la traducción de la última edición del citado Tratado de Física. Mas al encargarnos de este cometido, con objeto de que la edición española fuera mas completa, juzgamos conveniente, correspondiendo por otra parte así á los deseos del editor, *conservar algunas teorías, la exposicion de varios experimentos y la descripcion de algunos instrumentos ó aparatos que en ediciones anteriores de la mencionada obra figuraban, y en la última hánse total ó parcialmente suprimido*".

Otra de las características de los textos españoles de física es la orientación de éstos para que los alumnos saliesen airoso de pruebas y exámenes. Abundan obras intermedias entre el programa de la asignatura y el libro de texto. Los profesores de segunda enseñanza fomentaron muchas veces que los alumnos pensasen poco en los fenómenos físicos y sí, en cambio, aprendiesen definiciones, leyes y descripciones de aparatos. Como ejemplos claros de esta característica, podemos citar varias obras, como el *Resumen de física y nociones de química* (Sevilla, 1865) de Fernando Santos de Castro y las *Definiciones, principios y leyes de la física* (Badajoz, 1892) de Manuel Paz Sabugo. De esta forma, en la mayoría de los estudiantes no se producía un aprendizaje significativo, sino memorístico. Ésta puede ser una de las causas, junto a la falta de prácticas, del lento desarrollo de la física española durante el siglo XIX.

Vaquero Martínez (1988a) y Vaquero y Santos (2001) han analizado la introducción de la teoría cinética de los gases a través de los contenidos de los textos de física españoles y su evolución a lo largo del siglo XIX. En particular, se consideraban las siguientes cinco preguntas:

- 1.- ¿Se estudian los fluidos imponderables en el texto?
- 2.- ¿Se utiliza el término calórico para referirse al calor?
- 3.- ¿Aparece en el texto el concepto de energía de forma general?
- 4.- ¿Aparece la teoría mecánica del calor, aunque tan sólo se la cite?

5.- ¿Aparece la teoría cinética de los gases, aunque tan sólo se la cite?

Las respuestas afirmativas en las dos primeras preguntas son signos de tradicionalismo. Las afirmativas en las tres últimas son signos de modernidad. Podemos clasificar un texto como moderno si se contestan afirmativamente la tercera y la cuarta. Si, además, aparece la teoría cinética de gases el texto puede considerarse muy completo.

En la tabla 1.4, se exponen los resultados de estas preguntas aplicadas a los libros a los que tuvieron acceso Vaquero Martínez (1998a) y Vaquero y Santos (2001). Las obras se encuentran ordenadas en la tabla por la fecha de publicación. Siempre se indica la edición, excepto en el caso de ser la primera.

Tabla 1.4. Respuesta a las cinco preguntas expuestas en el texto, de acuerdo con las obras de física consultadas.

Año	Autor (edición)	1º	2º	3º	4º	5º
1844	Ribero Serrano	Sí	Sí	No	No	No
1845	Deguin (2 edición)	No	No	No	No	No
1845	Morquencho Palma	Sí	Sí	No	No	No
1846	Santos de Castro	Sí	Sí	No	No	No
1847	Pinaud	Sí	Sí	No	No	No
1851	González Valledor y Chávarri (2ª edición)	Sí	No	No	No	No
1856	González Valledor y Chávarri (4ª edición)	Sí	No	No	No	No
1857	González Valledor y Chávarri (5ª edición)	Sí	No	No	No	No
1858	Rodríguez	Sí	Sí	No	Sí	No
1861	Fernández de Figares (2ª edición)	Sí	Sí	No	No	No
1865	Santos de Catro	Sí	Sí	No	Sí	No
1866	Boutet de Monvel	No	No	No	No	No
1868	González Valledor y Chávarri (9ª edición)	Sí	No	No	No	No
1869	Rico Sinobas y Santisteban (7ª edición)	Sí	Sí	No	No	No
1870	González Valledor y Chávarri (10ª edición)	Sí	No	No	No	No
1874	Feliú Pérez (2ª edición)	Sí	No	No	No	No
1875	Rico Sinobas y Santisteban (8ª edición)	Sí	Sí	No	No	No
1876	Ganot (7ª edición)	No	No	No	Sí	Sí
1879	Fuertes Acevedo	No	No	No	Sí	No
1880	Ramos Lafuente (6ª edición)	Sí	Sí	No	Sí	No
1882	Fuertes Acevedo(2ª edición)	No	No	No	Sí	No
1882	Rico Sinobas y Santisteban (10ª edición)	Sí	Sí	No	No	No
1886	Márquez Chaparro	No	No	Sí	Sí	No
1887	Pina Vidal	No	No	No	Sí	No
1889	Amigó y Carruana	No	No	Sí	Sí	Sí
1889	Picatoste	No	No	No	No	No
1890	Feliú Pérez (7ª edición)	No	No	Sí	Sí	No
1891	Escriche Mieg	No	No	Sí	Sí	No
1892	Paz Sabugo	No	No	Sí	Sí	Sí
1892	Garagarza Dujols	No	Sí	Sí	No	No
1893	Lozano (3ª edición)	No	No	Sí	Sí	No
1893	Martín de Argenta y Martínez Pacheco	No	No	Sí	No	No
1895	Rodríguez Largo (2ª edición)	Sí	Sí	Sí	Sí	No
1895	Ribera, Nacente y Soler	No	Sí	Sí	Sí	No
1896	Feliú Pérez (8ª edición)	No	No	Sí	Sí	No
1897	Iglesias Ejarque	No	No	Sí	Sí	Sí
[1899]	Lozano	No	No	Sí	Sí	No
1900	Soler Sánchez (2ª edición)	No	No	Sí	Sí	Sí
1904	González Martí	No	No	Sí	Sí	Sí
1915	Iglesias Ejarque (6ª edición)	No	No	Sí	Sí	Sí

1924	Iglesias Ejarque (8ª edición)	No	No	Sí	Sí	Sí
1925	Carrasco Garrorena	No	No	Sí	Sí	No
1928	Monzón González	No	No	Sí	Sí	No
1932	Castelfranchi	No	No	Sí	Sí	Sí

A modo de resumen, podemos reflejar los resultados en la figura 1.5. En ella se aprecia la evolución de los contenidos de los libros de texto respecto al abandono de los fluidos imponderables y la introducción del concepto de energía, la teoría mecánica del calor y la teoría cinética de los gases. La figura 1.5 se ha construido calculando, por décadas, el tanto por ciento de respuestas afirmativas a las preguntas formuladas en el texto. Estos resultados no pretenden tener una certeza estadística, sino presentar cualitativamente los resultados de la investigación. Se aprecia claramente el descenso del uso de los fluidos imponderables y el aumento de contenidos relacionados con una visión atómica de la materia.

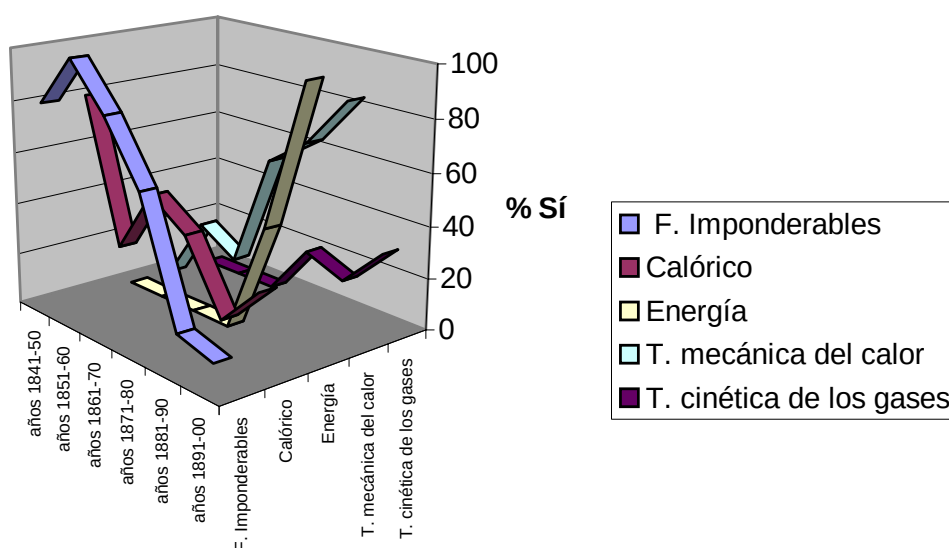


Figura 1.5. Evolución de los contenidos de los libros de texto respecto al abandono de los fluidos imponderables y la introducción del concepto de energía, la teoría mecánica del calor y la teoría cinética de los gases

Para evaluar la evolución de los contenidos relacionados con el éter en los libros de física españoles del siglo XIX y XX hemos utilizado una metodología similar a la utilizada por Vaquero Martínez (1998a). Vamos a caracterizar a un libro de texto mediante las cuatro siguientes preguntas:

1. ¿Se cita al éter en los principios generales?
2. ¿Se cita al éter en las generalidades sobre el calor?
3. ¿Se cita al éter en las generalidades sobre la luz?
4. ¿Se cita al éter en las generalidades sobre la electricidad?

Con la primera pregunta intentamos verificar si el autor concede a la hipótesis del éter tal importancia que alguna referencia sobre éste aparece en los prolegómenos de la obra, lugar donde habitualmente se define la física, su objeto y sus hipótesis o ideas más

importantes. Con las preguntas siguientes queremos saber hasta qué punto el éter era involucrado por los autores de los libros de texto en el desarrollo de tres capítulos clásicos de los textos de física de los siglos XIX y primera mitad del XX. En total, se han consultado 72 obras de texto de física en castellano publicadas en el período temporal que va desde 1843 a 1947. Es decir, en término medio, se han consultado unos 6-7 textos publicados en cada década durante todo el período considerado. Este elevado número de textos nos permite estimar la evolución de los contenidos a lo largo del tiempo. En la figura 1.6, tenemos una representación del número de textos consultados frente a la década en la que fueron publicados. La década 1891-1900 es la que mejor está representada, ya que se consultaron 12 textos. El período 1901-1920 es el peor representado, con tan sólo 7 textos consultados.

Tabla 1.5. Respuesta a las cuatro preguntas expuestas en el texto, de acuerdo con las obras de física consultadas.

Autor (año), edición.	1ª	2ª	3ª	4ª
Despretz (1843)	No	No	Sí	No
Ribero Serrano (1844)	No	No	Sí	No
Morquencho Palma (1845)	No	Sí	No	No
Deguin (1845)	No	No	No	No
Santos de Castro (1846).	No	No	No	No
Pinaud (1847).	No	No	Sí	No
González Valledor y Chávarri (1851), 2ª edición	No	Sí	Sí	No
González Valledor y Chávarri (1856), 4ª edición	No	Sí	Sí	No
Sant (1857)	No	No	Sí	No
González Valledor y Chávarri (1857), 2ª edición	No	Sí	Sí	No
Rodríguez (1858).	No	Sí	Sí	No
Fernández de Figares (1861), 2ª edición.	No	Sí	Sí	No
Santos de Castro (1865).	No	Sí	Sí	No
Boutet de Monvel (1866)	No	No	No	No
González y Chávarri (1868), 9ª edición.	No	Sí	Sí	No
Bonet Bonfil (1868)	No	Sí	No	Sí
Rico Sinobas y Santisteban (1869), 7ª edición	No	Sí	Sí	No
Ganot (1870)	Sí	Sí	Sí	Sí
González Valledor y Chávarri (1870), 10ª edición	No	Sí	Sí	No
Rico Sinobas y Santisteban (1873), 8ª edición	No	Sí	Sí	No
Feliú Pérez (1874), 2ª edición	No	Sí	No	No
Ganot (1876), 7ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí
Ganot (1877), 2ª traducción	Sí	Sí	Sí	No
Fuertes Acevedo (1879)	No	Sí	Sí	No
Ramos Lafuente (1880), 6ª edición.	No	Sí	Sí	Sí
Ganot (1881), 8ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí
Fuertes Acevedo (1882), 2ª edición.	No	Sí	Sí	Sí
Rico Sinobas y Santisteban (1882), 10ª edición	No	Sí	Sí	Sí
Márquez Chaparro (1886)	No	No	Sí	Sí
Amigó Carruana (1889).	Sí	No	Sí	Sí
Picatoste (1889)	No	No	No	No
Feliú Pérez (1890), 7ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí
Lozano (1890), 1ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí

Lozano (1890), 2ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí
Escrache Mieg (1891).	Sí	No	Sí	Sí
Paz Sabugo (1892)	Sí	Sí	Sí	Sí
Garagarza Dujiols (1892).	No	Sí	Sí	Sí
Martín de Argenta y Martínez Pacheco (1893)	No	Sí	Sí	No
Lozano (1893), 3ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí
Rodríguez Largo (1895)	Sí	Sí	Sí	Sí
Ribera, Nacente y Soler (1895)	Sí	Sí	Sí	Sí
Feliú Pérez (1896), 8ª edición.	Sí	Sí	Sí	Sí
Iglesias Ejarque (1897).	Sí	Sí	Sí	No
Lozano (1898), 6ª edición	Sí	Sí	Sí	Sí
Lozano (1899)	No	No	No	No
Soler (1900), 2ª edición.	No	Sí	Sí	Sí
González Martí (1904)	Sí	Sí		
Téllez López (1904).	Sí	Sí	Sí	Sí
Ganot (1909), 15ª edición	Sí	No	Sí	No
Iglesias Ejarque (1911), 5ª edición.	Sí	Sí	Sí	Sí
Feliú Pérez (1911), 10ª edición.	Sí	Sí	Sí	Sí
Iglesias Ejarque (1915), 6ª edición.	Sí	Sí	Sí	Sí
Chwolson (1916-1919)	Sí	No	Sí	Sí
Kleiber y Karsten(1921), 4ª edición	Sí	No	Sí	No
Iglesias Ejarque (1924), 8ª edición.	Sí	Sí	Sí	Sí
Carrasco Garrorena (1925).	Sí	Sí	Sí	Sí
Monzón González (1928).	No	No	No	No
Mir Peña (1929), 2ª edición	No	No	No	No
Pérez Martín y Monzón González (1929).	No	Sí	Sí	No
Pla Cargol (1929)	No	No	No	No
Palacios (1930)	No	No	Sí	No
Broca (1933), 3ª edición.	No	No	No	No
Lozano(s.f.[ca..1935])	No	No	No	No
Ramón Ferrando (1936), 3ª edición.	No	No	No	No
Moreno Alcañiz (1939), 3ª edición.	No	No	Sí	No
Edelvives (1939), 9ª edición.	No	No	No	No
Mingarro y Aleixandre (1941).	No	Sí	No	No
Wessel y Reiderer von Paar (1942)	No	No	No	No
Mingarro y Aleixandre (1942).	No	No	No	No
Navasa Pérez y Ruiz de Clavijo Aragón (1945).	Sí	Sí	Sí	Sí
Catalán y León (1947), 3ª edición.	No	No	No	No
Cabrera Felipe (1947)	No	No	Sí	No

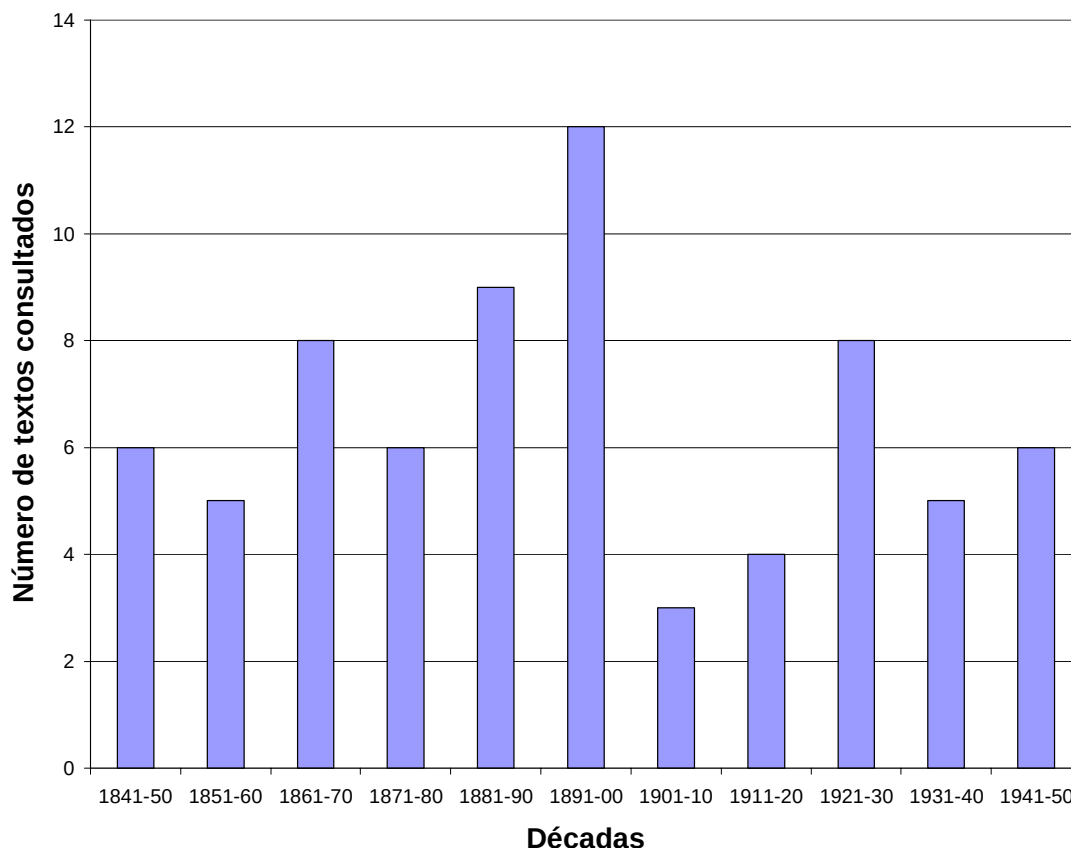


Figura 1.6. Número de textos consultados para la realización de este trabajo frente a las décadas en las que fueron publicados.

Las respuestas a las cuatro preguntas planteadas se muestran en la Tabla 1.5. Vamos a ir analizando los resultados obtenidos por décadas. En la década de los 40 del siglo XIX, el éter es poco citado. Ningún texto de los consultados cita al éter en los prolegómenos del libro o para explicar la electricidad. Puntualmente, algunos lo citan para explicar la luz o el calor. El texto de Despretz, por ejemplo, es un decidido defensor del éter para explicar las propiedades de la luz. En las generalidades sobre la óptica podemos leer:

“Dos hipótesis han imaginado los físicos, para explicar los fenómenos luminosos. Los unos suponen, con Newton, que los cuerpos luminosos emiten en todos sentidos partículas de una tenuidad estrema, que tienen todas las propiedades generales que se acaban de indicar.
Los otros, admitiendo la hipótesis de Descartes, suponen que la impresion de un cuerpo luminoso se trasmite al ojo por una serie de ondulaciones, producidas en el eter, o fluido esparcido por el universo. Al fin de la óptica se insistirá en este punto, y entre tanto describiremos la historia de los principales fenómenos que hemos empezado á considerar, partiendo de las propiedades de la luz deducidas de la esperiencia.” (Despretz 1843, 9)

Estas dos “teorías” o “hipótesis” se repetirán a lo largo del siglo en numerosos textos. Despretz, como indica en el párrafo transcrito, amplía posteriormente los conocimientos sobre la “teoría de las ondulaciones”:

El eter, en esta hipótesis, llena todos los espacios celestes; tiene una tenuidad y elasticidad estrema, posee la inercia y carece de pesantez; penetra en todos los cuerpos y existe probablemente modificado en cada uno de ellos.

La intensidad de la luz depende de la intensidad de las vibraciones del éter, y de su naturaleza, es decir, la sensación del color que produce depende de la duración de las oscilaciones ó de la longitud de la ondulación, que es siempre proporcional á dicha duración.” (Despretz 1843, 124)

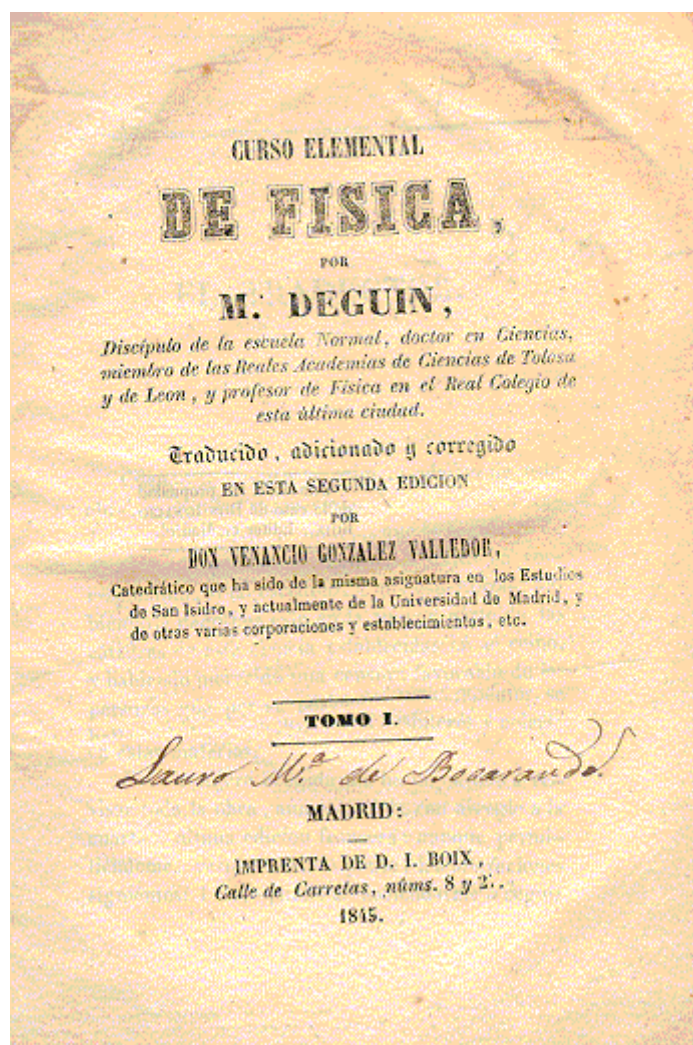


Figura 1.7. Portada del texto escrito por Deguin y traducido al castellano por Venancio González Valledor en 1845.

En la década de los 50 del siglo XIX, tampoco se cita al éter ni en los preliminares de los textos ni en los capítulos dedicados a la electricidad. Excepto Sant (1857), un texto en latín, todos los libros consultados utilizan el éter para explicar el calor. Para explicar la luz, todos los textos utilizan el éter incluyendo el texto de Sant (1857).

El texto de Sant es muy interesante por el hecho de estar escrito en latín. Estaba escrito para servir como obra de texto en Seminarios de la Iglesia Católica. Tradicionalmente, los historiadores de la Ciencia han considerado los textos en latín como un signo del retraso científico español durante el siglo XIX (Moreno González 1988; Vaquero Martínez 1998a). Sin embargo, una lectura atenta puede depararnos sorpresas. Hemos colocado en la tabla 1.6. los contenidos del texto de Sant con los del tratado de física publicado por González Valledor y Chávarri en 1857. De una rápida comparación, podemos concluir que el libro de Sant expone una física tan moderna como la expuesta en otros textos castellanos de la época y las diferencias son escasas. La “conclusio moralis” que aparece al final de la obra de Sant parece la diferencia más notable.

Tabla 1.6. Comparación entre los contenidos de Sant (1857) y González Valledor y Chávarri (1857)

Sant (1857)	González Valledor y Chávarri (1857)
Praefatio Caput Praeliminare. De Physicae notione ac divisione.	Lecc. 1. Consideraciones generales acerca de la física.
Tractatus I. De Physica Generali. Cap. I. De corporum elementis. Cap. II. De primariis corporum proprietatibus. Cap. III. De porositate. Cap. IV. De initia. Cap. V. De attractione seu gravitate §1. De attractione universali. §2. De attractione terrestri. §3. De attractiones moleculari. Cap. VI De systemate Physico. §I Materialistarum systema §II Modistarum systema. §III Veri systematis fundamenta. §IV Verisimile systema	Lecc. 2. Clasificación de las propiedades de los cuerpos. Los tres estados de los cuerpos. Lecc. 3. Extensión. Impenetrabilidad. Lecc. 4. Porosidad. Divisibilidad. Lecc. 5. Compresibilidad. Elasticidad. Lecc. 6. Inercia. Cohesión. MECÁNICA DE SÓLIDOS Lecc. 7. Explicación de lo que entendemos por fuerza. Lecc. 8. Determinación de la resultante en las fuerzas concurrentes cuando se hallan situadas en un mismo plano.
Tractatus II. De Mechanica Sectio I. De Statica Cap. I. De praecipuis solidorum proprietatibus. Cap. II. De motu simplici. Cap. III. De motu composito. Cap. IV. De machinis.	Lecc. 9. Resultante de fuerzas paralelas en un mismo sentido. Momentos de la fuerzas. Lecc. 10. Resultante de fuerzas paralelas en sentidos opuestos. Pares de fuerza. Lecc. 11. Centro de gravedad. Lecc. 12. Ideas generales sobre máquinas. Lecc. 13. Leyes del equilibrio de la palanca. Lecc. 14. Leyes del equilibrio en la polea. Lecc. 15. Condiciones para el equilibrio en el torno. Ruedas dentadas. Lecc. 16. Planos inclinados. Lecc. 17. El tornillo. Lecc. 18. Rozamiento. Cantidad de movimiento. Lecc. 19. Movimiento uniforme y movimiento uniformemente acelerado. Lecc. 20. Leyes del movimiento uniformemente acelerado. Lecc. 21. Descenso de graves. Máquina de Atwood. Lecc. 22. Descenso por planos inclinados. Lecc. 23. Movimiento curvilíneo y parabólico. Lecc. 24. Movimiento oscilatorio. Péndulo. Lecc. 25. Leyes del choque.
Sectio II. De Hydrostatica et Hydraulica. Cap. I. De liquidorum natura. Cap. II. De aqua fontium et maris. Cap. III. De solidis liquido immersis. Cap. IV. De Hydraulica. Cap. V. De phanomenis capillaribus.	MECÁNICA DE FLUIDOS Lecc. 26. Equilibrio en los líquidos. Lecc. 27. Vasos comunicantes. Principio de Arquímedes. Lecc. 28. Principio de Arquímedes y densidad. Lecc. 29. Aerómetros. Lecc. 30. Movimiento de los líquidos. Lecc. 31. Salida por tubos. Lecc. 32. Peso y elasticidad del aire. Presión atmosférica. Lecc. 33. Barómetros. Lecc. 34. Constitución física de la atmósfera. Lecc. 35. Máquina neumática. Lecc. 36. Bombas para la elevación de las aguas. Lecc. 37. Ariete hidráulico. Lecc. 38. Movimientos de los gases. Gasómetros.
Sectio III. De aerostatica et Acustica. Cap. I. De aeris pressione. Cap. II. De meteoris aereis seu ventis. Cap. III. De corporibus aere pressis. Cap. IV. De machinamentis pneumaticis. Cap. V. De sono in genere. Cap. VI. De sono musicali. Cap. VII. De theoria soni.	ACCIONES MOLECULARES Lecc. 39. Capilaridad. Lecc. 40. Acústica. Lecc. 41. Velocidad del sonido. Ondas. Modos de vibración de diferentes cuerpos.
	DE LA LUZ

Tractatus III. De Lumine. Cap. I. De natura lucis. Cap. II. De luminis reflexione. §I. De reflexione generatim. §II. De reflexione per specula sphaerica. Cap. III. De Luminis refractione. §I. De refractione generatim. §II. De refractione per lentes.	Lecc. 58. Consideraciones generales. Lecc. 59. Sombra y penumbra. Lecc. 60. Reflexión de la luz. Espejos planos. Lecc. 61. Reflexión de la luz sobre superficies curvas. Determinación de los focos. Lecc. 62. Refracción de la luz. Lecc. 63. Lentes. Determinación de focos. Lecc. 64. Determinación del índice de refracción. Reflexión total. Espejismo.
Cap. IV. De coloribus. Cap. V. De visione. Cap. VI. De instrumentis opticis. Cap. VII. De penitioribus lucis proprietatibus. Cap. VIII. De meteoris lucidis Cap. IX. De theoria luminis.	Lecc. 65. Descomposición de la luz. Lecc. 66. Arco iris. Lecc. 67. Doble refracción y polarización. Lecc. 68. De la visión. Lecc. 69. Instrumentos de óptica. Lecc. 70. Microscopio. Anteojo. Telescopio.
Tractatus IV. De Calorico. Cap. I. De caloris natura. Cap. II. De caloris origine. Cap. III. De radiatione. §I. De calore in ipso corpore radiante. §II. De calore extra corpus irradians. Cap. IV. De conductibilitate. Cap. V. De vi expansiva caloris. Cap. IV[VI]. De transformatione corporum. Cap. VII. De vaporibus. Cap. VIII. De vaporis usu in mechanica. Cap. IX. De foco domestico. Cap. X. De meteoris a calore ortis.	DEL CALOR Lecc. 42. Idea general de los fluidos imponderables. Lecc. 43. Construcción de termómetros. Lecc. 44. Calor radiante. Lecc. 45. Reflexión del calor. Lecc. 46. Transmisión del calor radiante. Lecc. 47. Dilatación de los sólidos. Lecc. 48. Dilatación en los fluidos. Lecc. 49. Conductibilidad. Lecc. 50. Capacidad de los cuerpos para el calor. Lecc. 51. Cambios de estado. Lecc. 52. Calor latente del vapor de agua. Lecc. 53. Ebullición. Vaporización. Evaporación. Lecc. 54. Tensiones de los vapores. Lecc. 55. Fenóm. Meteorol. dependientes del calor. Lecc. 56. Higrometría. Lecc. 57. Máquinas de vapor.
Tractatus V. De Magnetismo et Electricitate. Sectio I. De magnetismo. Cap. I. De praecipuis magnetis proprietatibus. Cap. II. De Magnetismo terrestri. Cap. III. De magnetizatione. Cap. IV. De magnetismi mensura et influxu.	DEL MAGNETISMO Lecc. 71. Magnetismo. Lecc. 72. Propiedades del imán. Lecc. 73. Variaciones y perturbaciones de la aguja imantada.
Sectio II. Cap. I. De notionibus generalibus. Cap. II. De electricitatis productione. Cap. III. De simplicis electricitatis effectibus Cap. IV. De electricitatis coacervatae effectibus Cap. V. De meteoris electricis. Sectio III. De Galvanismo. Cap. I. De pilis electricis. Cap. II. De phaenomenis electro-physics. Cap. III. De phaenomenis electro-chimicis. Cap. IV. De phaenomenis thermo-electricis.	DE LA ELECTRICIDAD Lecc. 74. Idea general de la electricidad. Lecc. 75. Electricidad positiva y negativa. Lecc. 76. Electricidad por influencia. Lecc. 77. Electricidad latente. Lecc. 78. Condensadores. Botella de Leyden. Lecc. 79 Influencia de los cuerpos terminados en punta. Pararrayos. Lecc. 80. Electricidad atmosférica. Lecc. 81. Electricidad desenvuelta por presión y por calor. Lecc. 82. Electricidad voltaica. Pilas. Lecc. 83. Aplicaciones de la pila voltaica.
Sectio III[IV]. De Electro-magnetismo. Cap. I. De vi mutua inter fluxus electricos et magneticos. Cap. II. De vi mutua fluxurum electricorum. Cap. III. De fluentis inductis. Cap. IV. De telegraphis electricis.	Lecc. 84. Acción de corrientes sobre imanes y viceversa. Electromagnetismo. Galvanómetro. Lecc. 85. Acción de corrientes unas sobre otras. Lecc. 86. Electrodinámica. Lecc. 87. Corrientes termoelectricas. Lecc. 88. Producir magnetismo empleando electricidad y viceversa.
Conclusio moralis	

En la década de los 60 del siglo XIX, el éter sigue sin citarse prácticamente en los preliminares de los textos. Sólo lo cita Ganot (1870), al final de la década y de forma exhaustiva. Vemos también que se generaliza el uso del éter para explicar los fluidos imponderables por lo que el éter aparece en los capítulos dedicados al calor, excepto en el texto de Boutet de Monvel (1866), que es una traducción de un libro francés más antiguo. Así, el éter se convierte en el origen común de los fluidos imponderables:

“Por lo que antecede vemos que los cuatro flúidos no son diferentes en cuanto á su esencia; al contrario, hay en ellos un vínculo comun en tener su origen en una misma clase de materia llamada éter; y prueba de ello es que los flúidos se trasforman unos en otros.” (Fernández de Figares 1861, 180)

“...los fenómenos del calor, á semejanza de los de la luz, dependen de una sustancia *etérea* que llena todos los espacios del universo, y en cuyo éter se pueden originar movimiento vibratorios y ondulatorios.” (Rico Sinobas y Santisteban 1869, 100)

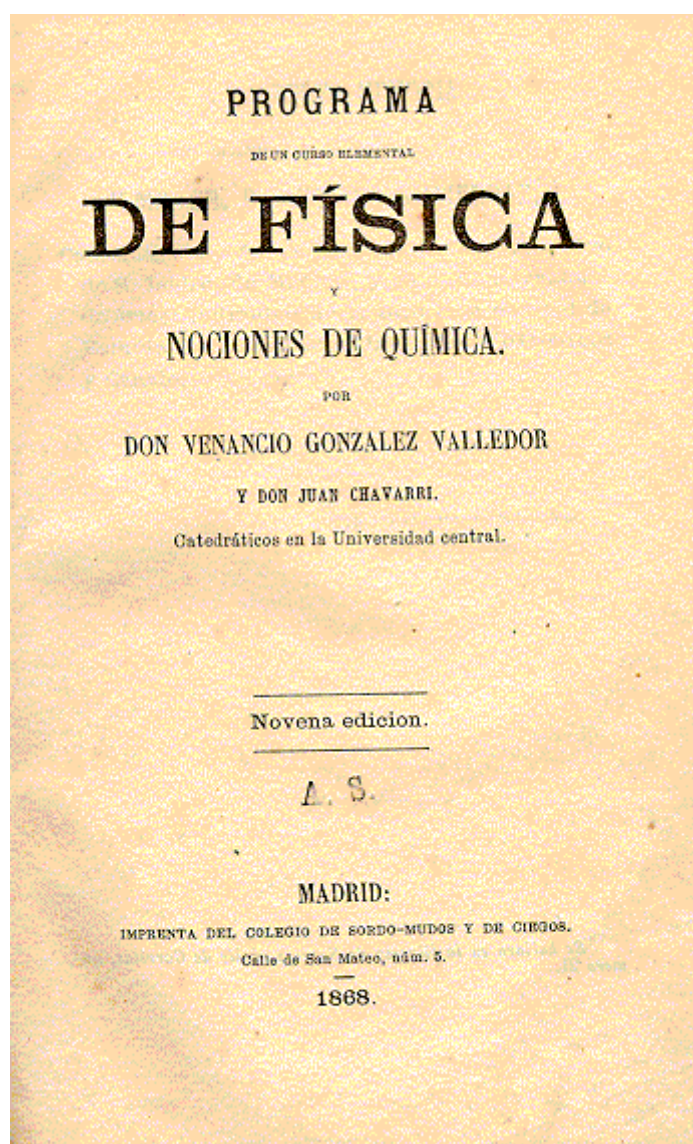


Figura 1.8. Portada de la novena edición del texto escrito por Valledor y Chávarri, uno de los libros de texto que más ediciones tuvo en la España de su época.

También debemos señalar que los textos se hacen eco de dos visiones para explicar los fenómenos naturales: la teoría de las emanaciones y la de las vibraciones. Así, el calor y la luz pueden explicarse bajo unas hipótesis corpuscular u ondulatoria. En los tratados de óptica se identifica la teoría de las emanaciones con las ideas corpusculares de Newton y la teoría de las vibraciones con las ideas ondulatorias de Huygens. La teoría de las vibraciones se adapta muy bien al ideal mecánico que se vivía en esta época para explicar, por ejemplo, los fenómenos del calor. Casi todos los textos presentan las dos teorías y se inclinan por la de las vibraciones:

“...los efectos de la luz se supone que pueden originarse por los movimientos de un fluido etéreo muy sutil, cuya elasticidad es perfecta, que puede recibir y transmitir movimientos vibratorios y ondulatorios. Esta segunda hipótesis [la primera era la teoría de las emanaciones], conocida con el nombre de teoría de las vibraciones y ondulaciones para explicar los fenómenos ópticos, se halla actualmente aceptada por la generalidad.” (Rico Sinobas y Santisteban 1869, 151)

En la década de los setenta del siglo XIX, resalta el que todos los textos consultados expliquen los fenómenos del calor recurriendo al éter y prácticamente todos utilicen el éter para explicar la luz. Esto es una continuación lógica de los resultados de la década anterior, donde el éter encajaba muy bien en el esquema del ideal mecánico. El texto de Ganot es el único de los consultados que cita al éter en los prolegómenos de la obra, dedicándole un epígrafe en el que fundamenta sus ideas citando varios trabajos de físicos de la época³². Al igual que en los textos de la década anterior, el uso del éter para explicar la electricidad no está generalizado, aunque en textos como Ganot (1876) y Ramos Lafuente (1880) sí sea utilizado.

³² Aunque tan sólo sea como nota a pie de página, merece la pena transcribir el texto de Ganot:

“**8. Agentes físicos, éter.**—Como causa de los fenómenos que los cuerpos ofrecen, admítase la existencia de *agentes físicos* ó de *fuerzas naturales* que obran sobre la materia. Esos agentes son: la *atracción universal*, el *calórico*, la *luz*, el *magnetismo* y la *electricidad*.

Su naturaleza se ignora de todo punto, y solo por sus efectos nos son conocidos. ¿Deberán reputarse como propiedades inherentes á la materia ó bien como materias sutiles, impalpables, por todo el universo esparcidas, y cuyos efectos resultan de movimientos particulares impresos en su masa? Unica reinó al principio esta última hipótesis en la ciencia, y por largo tiempo, con el nombre de *flúidos imponderables*, se han admitido varios flúidos especiales: uno para el calor, otro para la luz, dos para el magnetismo, y otros dos para la electricidad. Pero esta complicada teoría de los flúidos imponderables va desapareciendo de día en día, dejando su puesto á una doble hipótesis: 1.º la de un flúido único, el *éter*, elástico por demás, el cual llena todo el universo y penetra en la masa de todos los cuerpos; 2.º la de un movimiento propio de las moléculas materiales, el que, con forma y velocidad en cada caso distintas, trasmítese al éter; así, un movimiento de determinada naturaleza constituye el calor, otro mas rápido, la luz, otro diferente por su forma ó carácter, el magnetismo y la electricidad.

Establécese de este modo una *teoría dinámica*, segun la cual no solo los átomos de los cuerpos trasmiten el movimiento á los átomos del éter, sino que á su vez lo reciben de ellos, de manera que unos y otros átomos son sucesivamente productores y receptores del movimiento; de donde resulta que, pudiendo todos los fenómenos físicos referirse á una causa mecánica única, no vienen á ser en último término, mas que transformaciones [sic] de movimiento.

Este nuevo punto de vista, para abarcar los fenómenos, ha dejado entrever, una hipótesis grandiosa: la de la *correlacion y unidad de las fuerzas físicas*; tema sobre el cual de algunos años acá se han publicado obras de mérito: en Inglaterra, *Correlacion de las Fuerzas Físicas*, por Grove; *El Calor considerado como una especie de movimiento*, por J. Tyndall; *La Radiacion*, por el mismo; en Roma, *Unidad de las fuerzas físicas*, por el P. Secchi; en Francia, *Estudios científicos*, por A. Laugel; *Ciencia y filosofía*, por el mismo; la *Física moderna*, por Saigey; y la *Física molecular*, por el abate Moigno. Este sabio ha traducido en francés las obras de Tyndall, y el profesor y doctor Deleschamps la del P. Secchi.” (Ganot 1876)

Pasamos a comentar los resultados de los textos impresos en la década de los 80 del siglo XIX. Lo primero que llama la atención es que cada vez hay más textos que introducen el éter en los preliminares dedicados a las ideas generales. Ya no sólo contamos con el texto de Ganot, como anteriormente se ha señalado, sino que tenemos el texto de Amigó Carruana (1889)³³, Feliú Pérez (1890) y los textos de Lozano (1890). En esta década, cuatro de los nueve textos consultados citan el éter en cada una de las partes en las que estábamos interesados (generalidades, calor, luz y electricidad). Lo más interesante de los textos de esta década es que se generaliza el uso del éter en los capítulos dedicados a la electricidad, cuando en décadas anteriores sólo podíamos hablar de casos aislados. Así, leemos textos como los siguientes:

“...en la actualidad se trabaja á fin de dar una explicación de aquellos fenómenos [los eléctricos] más conforme con las nuevas teorías del éter referentes á la luz y el calor. [...] en estos últimos años el padre Secchi, fundándose en los movimientos ondulares del éter, admite que condensándose y enrareciéndose las ondas, de éste, se podrían explicar todos los fenómenos eléctricos conocidos hasta la actualidad.” (Rico Sinobas y Santisteban 1882, 280)

“Según ella [la hipótesis etérea], para que un cuerpo se halle en estado natural, la atmósfera de Éther, que envuelve á cada molécula, debe tener una densidad determinada; y según que esta densidad aumente ó disminuya, el cuerpo adquiere electricidad positiva ó negativa. La corriente eléctrica es el éther trasladándose á través de los conductores.” (Márquez Chaparro 1886, 363).

El texto que hemos citado de Rico Sinobas y Santisteban es especialmente interesante. Las ediciones anteriores de éste usaban el éter, pero jamás lo habían hecho para explicar la electricidad. Asistimos, por lo tanto, a un cambio significativo en una edición del texto y, desde luego, del pensamiento de los autores.

La mayor parte de los textos de la última década del siglo XIX introducen el éter en las generalidades o temas introductorios. Así mismo, el éter se utiliza en la mayoría de los textos para estudiar el calor, la luz y la electricidad. Vemos, por lo tanto, que la hipótesis del éter triunfa plenamente en los contenidos de los libros de física. Entre los textos, hay alguno muy interesante como el de Manuel Paz Sabugo. Su título —*Definiciones, principios y leyes de la física*— ya nos indica que se trata de un “recetario” de física donde se encuentra sintetizado y sistematizado el conocimiento de la época. En él podemos leer cosas como:

“El espacio interplanetario[,] llamado también vacío, se supone está lleno por el éter” (Paz Sabugo 1892, 4)

“Dos moléculas de éter apartadas la mitad de la longitud de una onda (distancia medida en la dirección según la cual se propaga la luz) son afectadas de velocidades iguales, pero en sentido opuesto.” (Paz Sabugo 1892, 86)

“Electricidad es la condensación ó enrarecimiento del éter sobre la materia. Se deriva del electrón, ámbar amarillo, por ser ésta la primera sustancia donde se observó.

La electricidad positiva ó fluido positivo es la condensación del éter sobre un cuerpo; la electricidad negativa ó fluido negativo es su enrarecimiento.

³³ El texto de Amigó y Carruana presenta varias peculiaridades interesantes. Por ejemplo, en él aparece una deducción de la ecuación de los gases perfectos desde una perspectiva cinética que ha sido estudiada por Vaquero Martínez (1998b).

El fluido o estado neutro es el de todo cuerpo sobre el cual la tensión del éter está en equilibrio con la del éter ambiente”. (Paz Sabugo 1892, 129)

El único texto que no menciona para nada al éter es el manual de física que escribió Eduardo Lozano para la colección “Manuales Soler” (Lozano 1899), serie de pequeños libritos dedicados a diversos temas científicos y destinados a escuelas de obreros o como introducciones a cursos más elevados. Sin embargo, vemos que en su libro de texto escrito para la segunda enseñanza cita al éter, tanto en los preliminares como en los capítulos dedicados al calor, la luz y la electricidad (Lozano 1898). Parece simplemente que el manual para Soler que escribió Lozano era una obra más dedicada a narrar fenómenos y definir conceptos que a elucubrar explicaciones de éstos.

Para finalizar el comentario sobre los textos de esta década quiero apuntar a un ejemplar concreto de la obra escrita por Iglesias Ejarque (1897). El ejemplar consultado³⁴ tiene tachadas a mano las palabras “del éter” en la definición de la luz que se ofrece:

“Luz es una forma de la energía que produce en nosotros el fenómeno de la visión y cuya causa se atribuye á un movimiento vibratorio muy rápido de las moléculas de los cuerpos del éter.” (Iglesias Ejarque 1897, 127)

Esta manera tan simple y efectiva de retirar el éter de los contenidos de los libros de texto coincide con la idea de que para los autores lo importante era exponer fenómenos y definir conceptos, dejando las elucubraciones para explicar los fenómenos para mejor ocasión.

Pocas noticias tenemos de los libros de la primera década del siglo XX, pues sólo hemos podido consultar tres ejemplares distintos. En general, se mantiene la tónica de la década anterior, con el éter fuertemente posicionado en los contenidos de los textos consultados.

La exposición del éter en los libros de física españoles llega a su culmen en la segunda década del siglo XX. El éter es ampliamente utilizado en las explicaciones sobre la naturaleza del calor, la luz y la electricidad. Tan sólo a la hora de discutir sobre la naturaleza del calor, el éter desaparece de algunos textos.

En la tercera década del siglo XX, el éter comienza a desaparecer vertiginosamente en los preliminares de los textos. Tan sólo los textos de ediciones avanzadas y el escrito por Carrasco Garrorena citan al éter en los preliminares. Los demás textos consultados, publicados en los últimos años de la década, ignoran al éter en los capítulos introductorios. De la misma manera, el éter se abandona para explicar la naturaleza del calor y la electricidad en la mayoría de los textos, aunque no hay una gran desproporción entre el número de textos consultados que citan al éter en los capítulos del calor y la electricidad y los que no lo citan. Con respecto al uso del éter en la explicación de la naturaleza de la luz, la mayoría de los textos consultados lo citan aunque, de nuevo, no hay una gran desproporción entre el número de los que citan al éter y los que no lo citan.

³⁴ Este ejemplar pertenece a la biblioteca del autor.

ELEMENTOS
DE
FÍSICA

PARA USO DE LOS ALUMNOS DE 2.^a ENSEÑANZA

POR EL DOCTOR EN CIENCIAS

D. ENRIQUE IGLESIAS Y EJARQUE,

Catedrático por oposición de Física y Química.



JEREZ :
IMPRENTA DE CRESPO HERMANOS, CALLE SAN JOSÉ, NÚM. 3.
1897.

Figura 1.9. Portada de la obra Iglesias Ejarque (1897).

CAPÍTULO V.

LUZ.

ARTÍCULO PRIMERO.

FENÓMENOS GENERALES.

167. Definición.—La luz es una forma de la energía que produce en nosotros el fenómeno de la visión y cuya causa se atribuye á un movimiento vibratorio muy rápido de las moléculas de los cuerpos ~~del éter~~. Para diferenciar el movimiento vibratorio que da lugar á la luz del que da lugar al calor, se dice que en éste las vibraciones son longitudinales, es decir, que se verifican en la misma dirección en que se propaga, y en aquél las vibraciones son transversales ó sea perpendiculares á la dirección de propagación.

168. Rayo luminoso.—La dirección que lleva la luz al propagarse recibe el nombre de *rayo luminoso*, y la reunión de rayos se llama *haz*.

169. Unidad de luz.—La unidad de luz adoptada como tipo para medir la intensidad luminosa, es variable de unas naciones á otras, pero las más usadas son: *la bujía de la estrella* y el *mechero cárcel*; éste representa la luz que produce una lámpara de resorte y doble corriente, que consume cada hora 42 gramos de aceite de colza y equivale próximamente á 7 bujías.

170. Intensidad de la luz.—Se llama *intensidad de un foco luminoso* la cantidad de luz que manda á una superficie igual á la unidad. La intensidad depende de la distancia que media entre el foco luminoso y la superficie en cuestión, y de la oblicuidad

Figura 1.10. Página 127 de la obra Iglesias Ejarque (1897), donde se aprecia tachada la expresión “del éter” en una definición de la luz.

La década de los 30 del siglo XX supone el abandono del éter por los autores de libros de texto. En los textos consultados, no aparece citado el éter en ningún momento, excepto en el capítulo dedicado a la luz del libro de Moreno Alcañiz (1939):

“Las vibraciones del cuerpo luminoso son transmitidas al éter; y estas vibraciones etéreas no tienen todas la misma longitud de onda.” (Moreno Alcañiz 1939, 65)

Una vez abandonado el éter casi por completo en la década de los 30, resulta llamativo que en los textos de la década siguiente aparezca con mayor frecuencia que en la anterior. Aunque hay textos donde no se cita al éter en todo el volumen (Wessel y Reiderer von Paar 1942; Mingarro y Aleixandre 1942; Catalán y León 1947), existen algunos donde el éter se utiliza parcialmente, como en el libro de Mingarro y Aleixandre (1941), en el capítulo del calor, y en el de Cabrera (1947), en la parte de óptica. Además, hemos consultado el texto de Navasa Pérez y Ruiz de Clavijo Aragón (1945), verdadera enciclopedia de la física del siglo XIX, donde el éter se cita en los preliminares, en los capítulos del calor, de la luz y de la electricidad.

Vamos ahora a intentar sintetizar la evolución de los contenidos referentes al éter en los libros de física españoles consultados. La figura 1.11 se ha construido de acuerdo con la primera columna de la tabla 1.5. Hemos calculado el tanto por ciento de respuestas afirmativas a la primera pregunta, referente a la aparición del éter en los principios generales que aparecen en los textos, tomando conjuntos de textos de la misma década. Podemos apreciar un constante aumento de apariciones del éter en los preliminares de los textos desde la década de los 50 del XIX hasta el final de siglo. La aparición del éter en los preliminares es total en las dos primeras décadas del siglo XX. Y a partir de aquí se produce una caída en picado hasta el punto de que, en la década de los 30, no aparece el éter en los preliminares de ningún texto consultado. Por último, en la última década estudiada reaparece en algunos textos el éter en los preliminares en uno de los seis textos consultados.

La figura 1.12 nos muestra la evolución de la respuesta a la segunda pregunta, referida a si aparecía el éter en los capítulos dedicados al calor. La década de los 70 del siglo XIX es el momento en el que la frecuencia de aparición del éter en esos capítulos es mayor, aunque dicha frecuencia se mantiene bastante alta, en general, durante el periodo 1850-1920. Durante la segunda y la tercera década del siglo XX, el uso del éter para explicar qué es el calor decae de forma brusca. De hecho, ningún libro de los consultados editados en la década de los 30 cita al éter. En la década de los 40, el éter vuelve a reaparecer ligeramente.

La figura 1.13 ilustra la evolución de la respuesta a la tercera pregunta, referente a la aparición del éter en los capítulos dedicados a la óptica. Constatamos que el éter ha sido habitual en los capítulos dedicados a la luz de los textos de física españoles publicados durante el periodo 1840-1930. En la década de los 30 del siglo XX se produce una fuerte caída y en la década de los 40 hay una débil reaparición, semejante a la que hemos visto anteriormente.

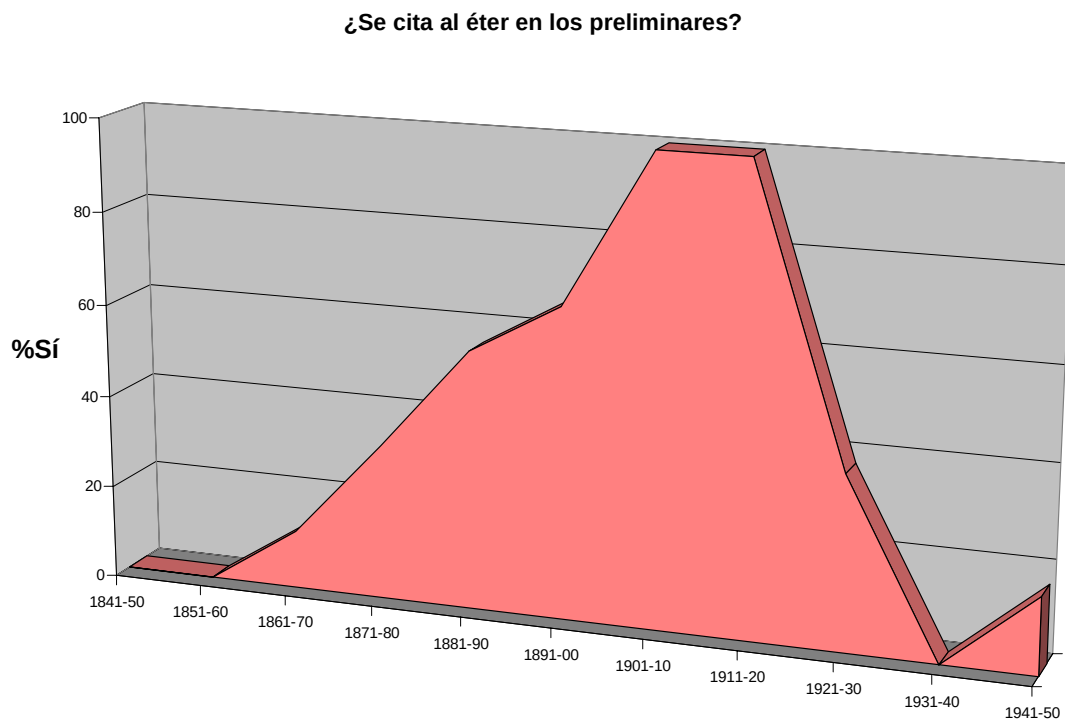


Figura 1.11. Evolución del uso del éter en los preliminares de los libros de texto de física españoles desde la década de los 40 del siglo XIX hasta la década de los 40 del siglo XX.

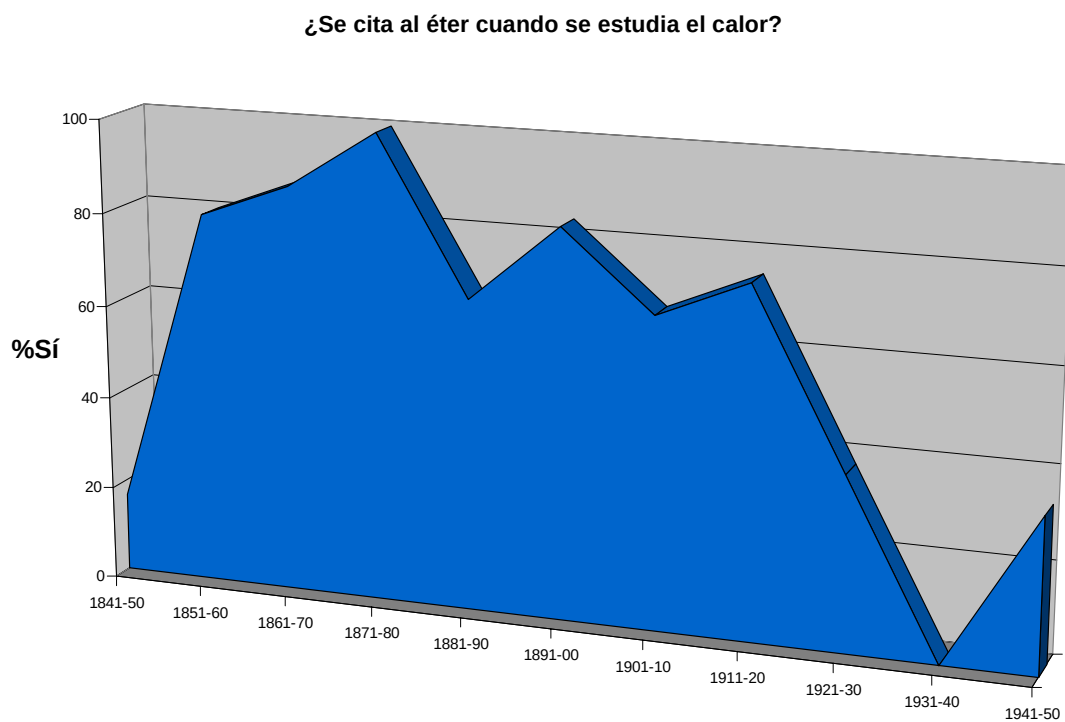


Figura 1.12. Evolución del uso del éter en los capítulos dedicados al calor de los libros de texto de física españoles desde la década de los 40 del siglo XIX hasta la década de los 40 del siglo XX.

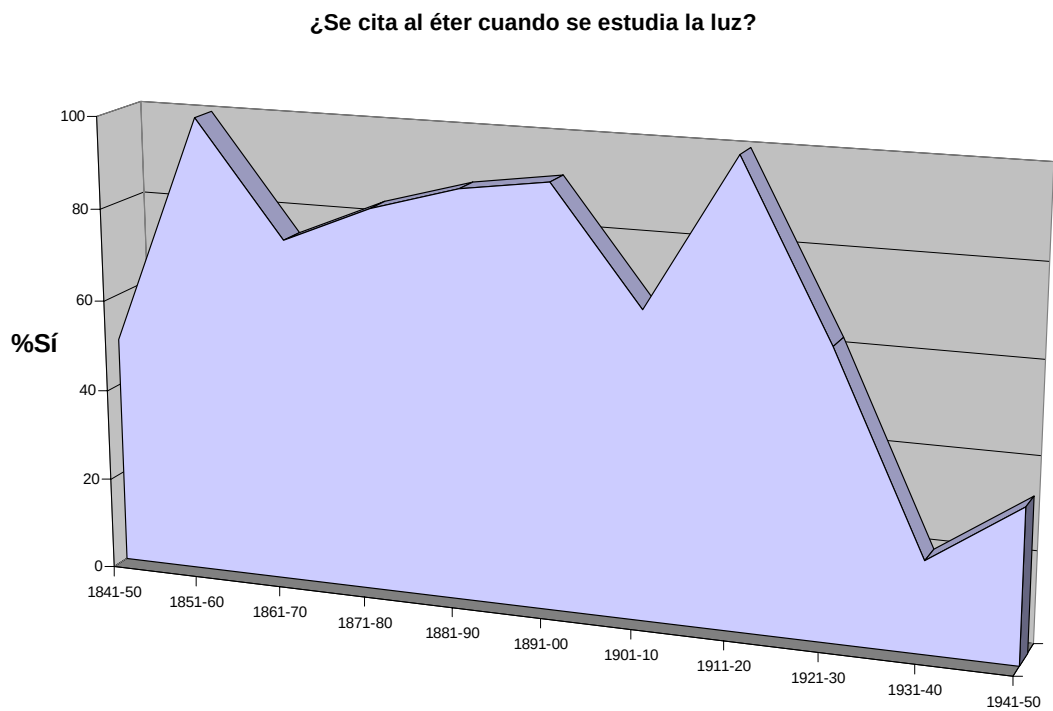


Figura 1.13. Evolución del uso del éter en los capítulos dedicados a la luz de los libros de texto de física españoles desde la década de los 40 del siglo XIX hasta la década de los 40 del siglo XX.

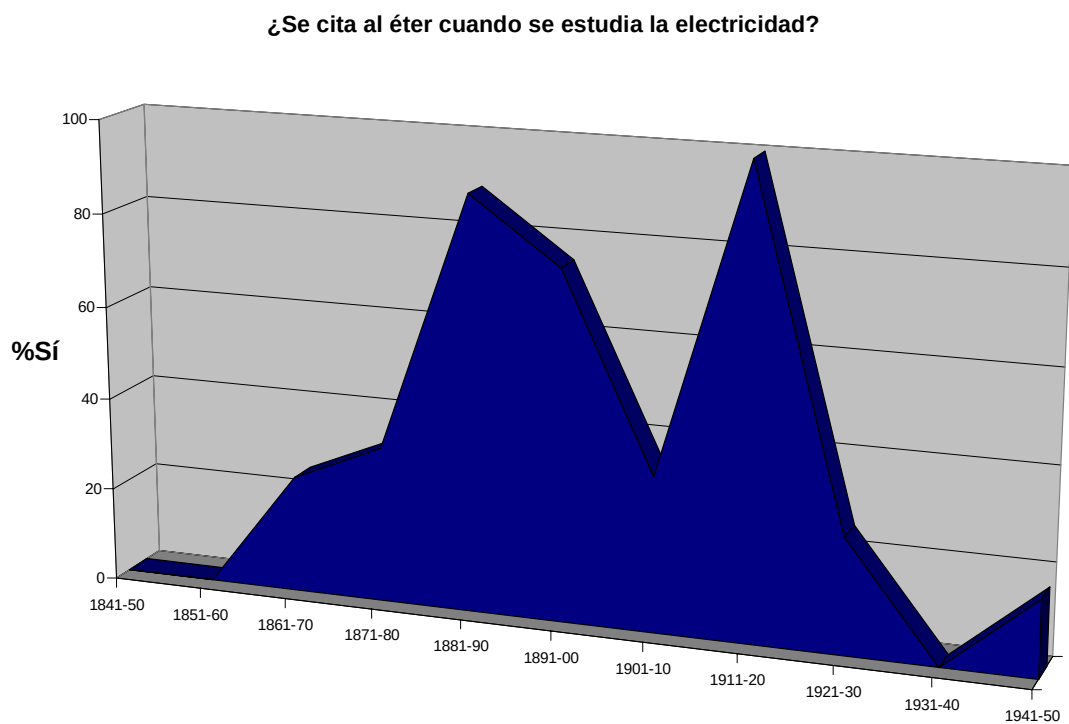


Figura 1.14. Evolución del uso del éter en los capítulos dedicados a la electricidad de los libros de texto de física españoles desde la década de los 40 del siglo XIX hasta la década de los 40 del siglo XX.

La evolución de la aparición del éter en los capítulos dedicados a la electricidad se refleja en la figura 1.14. Para los autores españoles, éter y electricidad no tenían relación alguna durante la década de los 40 y 50 del siglo XIX. A partir de ese momento el éter comienza a aparecer en los capítulos dedicados a la electricidad, presentando la gráfica 1.16 picos en las décadas de los 80 del siglo XIX y los 10 en el siglo XX. También se aprecia un retroceso importante del uso del éter en los capítulos dedicados a la electricidad en la primera década del siglo XX. Sin embargo, debemos tomar esto con mucha cautela y recelo ya que es en esta década en la que menos textos se han consultado. Creemos, por lo tanto, que es simplemente una coincidencia no significativa debido al escaso número de textos consultados de esta época. La brusca caída de la década de los 30 y la débil recuperación en la de los 40 también se observa en esta gráfica.

A la vista de lo anterior, podemos obtener varias conclusiones. La década de 1910 marca el momento de máximo uso de la idea de éter en los libros de texto españoles de física en todas las partes estudiadas. Sin embargo, las décadas de 1920 y, especialmente, 1930 muestran una caída muy brusca de la idea del éter. Durante el siglo XIX, los autores españoles fueron copiando de autores extranjeros, franceses fundamentalmente, y repitiendo ediciones con la dificultad añadida de modificar los contenidos. Sin embargo, a partir de la década de los 20, hay autores españoles con un cierto prestigio, incluso a escala internacional, que ayudan a escribir buenos textos. Y, sobre todo, la visita de Einstein a España en 1923 ayuda a generalizar algunas ideas populares como el abandono del éter. La década de los 1940 supuso una pequeña reaparición de la idea del éter que a priori es difícil de explicar. Lo cierto es que Glick (1986) mostró que los autores antirrelativistas encontraron en la España de la postguerra un entorno favorable para la publicación de sus ideas e hipótesis, como mostraremos más tarde. La idea del éter estuvo tan impregnada en los libros de texto que salimos ya del ámbito de la física y podemos encontrar frases como la que sigue en libros de química de la época:

“Naturaleza de la luz.- Según nos enseña la física, luz es toda perturbación electromagnética producida en el éter por el movimiento de los electrones.” (Postigo 1940, 149)

1.4. Programas de asignaturas y éter.

El programa de la asignatura es uno de los impresos más curiosos e interesantes que ha generado el sistema educativo español a lo largo de su historia (aquí sólo nos interesa el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX). Estos programas consisten en pequeños folletos donde el profesor desglosa la asignatura en temas y, ocasionalmente, hace alguna aclaración al alumno. Los programas de las asignaturas del siglo XIX y primera mitad del XX son impresos bastante raros por razones obvias. En primer lugar, son obras muy frágiles: unas cuantas hojas de papel de mala calidad que se grapaban o, incluso, se dejaban sueltas. Evidentemente, estos impresos no resultan especialmente interesantes a las bibliotecas. De hecho, no he encontrado ningún programa de asignatura en las bibliotecas que he consultado. Por lo general, los programas que han llegado a mis manos se encontraban en un estado de conservación lamentable³⁵.

Moreno González (1988) ha encontrado bastantes programas de física en el Archivo General de la Administración (legajos 6.006, 6.007, 6.008 y 6.009), especialmente del curso 1902-1903, ya que una Real Orden de 24/7/1902 insistió en que los catedráticos tenían la obligación de enviar los programas al Ministerio de Instrucción pública y Bellas Artes³⁶.

Los programas impresos de asignaturas de física que he encontrado han sido los siguientes:

- Programa de Elementos de Física, de Liso y Torres (Toledo: Florentino Serrano, s.f. [primer tercio del siglo XX]).
- Programa de Ciencias físicas y naturales, de Esteban Blanco y Alcántara (Badajoz: Tipografía y librería de Antonio Arqueros, 1911).
- Programa de Física general, Anónimo (Sevilla: Imprenta Andaluza, s.f. [1911]).
- Programa de Física, Anónimo (Vitoria: Edit. Social Católica, 1925).

El programa que imprime Liso y Torres está dividido en 78 lecciones. En la lección 11, se establece el principio de conservación de la energía. La teoría mecánica del calor aparece en la lección 45 y, valga como ejemplo, se define la temperatura crítica en la lección 52. Se trata, por lo tanto de un curso moderno. El éter aparece en lo que el autor denomina “Preliminares”, en la lección 1:

Lección 1ª

Cuerpo.- Materia.- Principio de la conservación de la materia.- Constitución de la materia.- Estados físicos de los cuerpos.- Caracteres de cada estado.- Hipótesis del éter.- Fenómenos.- Leyes de los fenómenos.- Teoría física.- Energía: agentes físicos.- Objeto de la física. (Liso y Torres s.f., 3)

³⁵ Los folletos de los programas de asignaturas que se estudian a continuación pertenecen a la biblioteca personal del autor, adquiridos mediante compra en librerías de antiguo y ocasión.

³⁶ Los folletos que ha encontrado A. Moreno González (1988) son: *Meteorología*, de Francisco Cos; *Acústica y Óptica*, de Eduardo Lozano; *Cosmografía y Física del Globo*, de José de Bustos Miguel; *Física General*, de Ramón Gil Villanueva; *Física General*, de Luis González Frades; *Física General*, de Manuel García Noguerol; *Física General*, de Carlos Pastor Monpie; *Física General*, de Antonio Aparicio Serrano; *Física General*, de Eduardo Alcobé; *Termología*, de Eduardo Alcobé; *Electricidad y Magnetismo*, de Moisés Nacente.

Vaquero Martínez y Cobos Bueno (1999) reprodujeron facsimilarmente, para evitar su pérdida, el folleto de Esteban Blanco Alcántara, profesor y director de la Escuela Normal de Badajoz (Cruz Cancho et al. 1994). El título de la obra es *Programa de ciencias físicas y naturales. Breves nociones de nomenclatura química y cuadros de Zoología para los alumnos de esta Escuela Normal*. Se imprimió en la badajocena tipografía de Antonio Arqueros en el año 1911. El ejemplar que se ha utilizado para este trabajo pertenece a la biblioteca personal del autor y fue comprado en una librería de ocasión, presentando un deficiente estado de conservación. La obra estaba dirigida a los estudiantes libres, es decir, aquéllos que no podían asistir a clase. Este folleto estaba distribuido de la siguiente manera:

- Una introducción fechada en Badajoz el 1 de octubre de 1911 (págs. 1-8).
- El programa de la asignatura *Ciencias físicas y naturales* del segundo curso elemental del magisterio (págs. 9-14).
- Unas breves nociones de nomenclatura química (págs. 15-25).
- Unos cuadros zoológicos (págs. 27-33).

La primera es la parte más interesante de la obra. Aquí se explica la utilidad que tiene el programa de la asignatura y se muestra un ejemplo de lo que los alumnos deben contestar en un examen. La introducción del autor revela un gran interés por la enseñanza de la ciencia. Curiosamente, cuando intenta explicar cómo deben contestarse los exámenes, cita la lección titulada

“Propiedades de la materia.- Extensión.- Impenetrabilidad.- Propiedades generales de los cuerpos.- Atracción universal.- Sus leyes - Constitución material de los cuerpos”,

por lo que podemos hacernos una idea del nivel de la física que se estudiaba. Además, vemos en Blanco Alcántara a un atomista convencido, cuando a finales del siglo XIX aún seguían vigentes en España algunas tesis antiatomistas como el energetismo, representado por José Rodríguez Carracido y Enrique Serrano Fatigati, o el tradicionalismo, representado por el filósofo Ortí y Lara. Podemos leer en la introducción del folleto, por ejemplo:

“En estos datos y observaciones han fundado los físicos las hipótesis de que los cuerpos están formados de partes infinitamente pequeñas, que se les ha llamado átomos: Que hay una fuerza atractiva que mantiene unidas estas distintas partes de que constan: Que hay una fuerza repulsiva, como lo comprueba la elasticidad. Y que en los cuerpos, la relación entre la fuerza atractiva y repulsiva, es distinta para cada uno, recibiendo el nombre de cohesión el exceso entre la atracción y la repulsión.”

El texto de Esteban Blanco revela una gran preocupación por los exámenes³⁷. El programa de la asignatura, segunda parte del folleto, consta de treinta y cinco lecciones.

³⁷ Investigaciones sobre los contenidos y características de libros de texto y programas sobre física utilizados a finales del siglo XIX y principios del XX han revelado una orientación muy examinadora. Textos y programas debían ser una ayuda para que los alumnos aprobaran una prueba o examen. Este es el caso del *Resumen de Física y nociones de Química* (Sevilla, 1865) de Fernando Santos de Castro. También lo es el *Programa explicado de Física y Química* (Valladolid, 1868) de Francisco López Gómez o del *Programa de la asignatura de Física y elementos de Química* (Barcelona, 1873) de Juan Terrasa Gilabert, que dice en el prólogo: “Obra utilísima para que los alumnos aprovechados que desean estudiar con fruto esta asignatura y quedar airosos en los exámenes de curso. [...] Esta obra no dispensa de adquisición del texto que se les señale, ni de asistir a clase. Esta obra le evitará entretenerse en «extractos

Las dieciséis primeras son de física. Siguen cinco lecciones de química y catorce de historia natural. No aparece la teoría cinética de los gases, pero en cambio aparece de forma general el concepto de energía (en la lección segunda) y la teoría mecánica del calor (lección decimosegunda). Podemos apreciar, por lo tanto, que se trata de un programa moderno y estándar en sus enseñanzas, pero no muy extenso. En él no hay ni rastro del éter.

La tercera parte del folleto contiene, según el autor, “unas reglas sencillitas y fáciles” de nomenclatura química. Sin embargo, esto demuestra el valor que tiene esta obra. La formulación y la nomenclatura química no aparecen en libros tan usados en las escuelas normales como el de Victoriano Ascarza (s.f.). La definición de Esteban Blanco Alcántara de nomenclatura química es:

“Nomenclatura química es el lenguaje de la química; es la serie de convenciones establecidas por los químicos para poder nombrar y escribir todos los cuerpos.”

Hemos encontrado nueve erratas en estas nociones³⁸. La química debía ser cultivada especialmente por Esteban Blanco Alcántara, ya que se encargaba de los análisis químicos en el *Instituto Provincial de Higiene de Badajoz* en los años treinta (Vaquero Martínez y Cobos Bueno 2000).

La última parte de la obra son unos cuadros zoológicos. Su interés se encuentra en que el autor los adjunta para que los alumnos no tengan que gastar el dinero en comprar las obras en las que se suelen encontrar este tipo de resúmenes. Por lo tanto, volvemos a poner de relieve el interés examinador del autor, como la mayoría de los docentes de su época.

El “Programa de Física General” de autor anónimo, impreso en Sevilla, es muy interesante debido a las anotaciones de su poseedor, que debía ser un tal Agustín Sánchez Lozano según se lee (manuscrito) en la página 3. Para más detalles, podemos leer (manuscrito) en la página 2:

“Aprobada esta asignatura el 28 de mayo de 1912 [,] el profesor D. Luis Abaurrea”.

Podemos suponer, por lo tanto, que el folleto se editó en 1911 y sirvió como guión para el curso 1911-1912. A lo largo del folleto hay numerosas anotaciones a lápiz indicando los temas más importantes, los epígrafes que no se estudiaban, las fórmulas más utilizadas, etc. Por lo demás, el éter no aparece en ninguna de las 80 lecciones que figuran en el programa.

El último folleto que he encontrado, impreso en Vitoria en 1925, es anónimo. Sin embargo, he comprobado que el programa se ajusta perfectamente a la obra *Elementos*

y apuntes propensos a inexactitudes»”.

³⁸ En la página 17, línea seis por abajo, se lee ‘bróxido de cloro’ y debe ser ‘bióxido de cloro’.

En la página 17, línea cinco por abajo, se lee ‘tiróxido de cloro’ y debe ser ‘trioxido de cloro’.

En la página 18, línea quince por arriba, se lee ‘penaótxido de azufre’ y debe ser ‘pentaóxido de azufre’.

En la página 18, última línea, se lee ‘carbon’ y debe ser ‘carbono’.

En la página 20, línea nueve por arriba, se lee ‘teurhídrico’ y debe ser ‘telurhídrico’.

En la página 21, línea diez por arriba, se lee ‘Cl O₃ H₂’ y debe ser ‘Cl₂ O₃ H₂’.

En la página 23, línea cinco por arriba, se lee ‘carbono’ y debe ser ‘carbónico’.

En la página 23, línea ocho, se lee ‘silicio’ y debe ser ‘silícico’.

En la página 25, primera línea, se lee ‘×’ y debe ser ‘+’.

de física de Enrique Iglesias Ejarque. De esta forma, si no es el mismo Iglesias Ejarque el que publicó el folleto, al menos sí debía usarse su texto en esa asignatura. El programa está dividido en 90 lecciones. Como ejemplo de su extensión, se cita en la lección 30 la teoría cinética de los gases, pero de una forma más desarrollada que en el programa de Liso y Torres. El éter sí aparece en el programa, concretamente en la lección 2, en el bloque que el autor titula “Introducción”:

LECCIÓN 2.- Caracteres de los cuerpos sólidos, de los líquidos y de los gases.-
Hipótesis del éter.- Fenómenos físicos.- Ley física.- Teoría física.- Energía.-
Definición de la física. (Anónimo 1925, 3)

No debemos olvidar que los textos de Iglesias Ejarque estaban fuertemente impregnados de la hipótesis del éter en todas las ediciones que habíamos consultado.

1.5 Echegaray y la divulgación del éter en España.

José Echegaray y Eizaguirre (Madrid, 19 de abril de 1832 – 14 de septiembre de 1916) es más conocido como literato y político que como matemático y físico matemático. Su obra literaria está en entredicho desde hace mucho tiempo y su obra científica es desconocida en general, excepto para algunos estudiosos de la Historia de la Ciencia en España. Echegaray no hizo aportaciones originales ni profundas ni en matemáticas ni en física. Su gran labor fue conectar a los científicos españoles con la comunidad matemática internacional ya que, en la España del XIX, la matemática se encontraba en una situación difícil y aislada del resto del mundo. El objeto de este epígrafe es escudriñar un tema muy concreto de la obra científica de Echegaray, especialmente en su labor divulgativa. Queremos acercarnos a la idea que tenía del éter uno de los científicos más relevantes en la España de finales del XIX.

José Echegaray nació en Madrid en 1832. Allí permaneció hasta los cinco años ya que su padre, un médico aragonés llamado José Echegaray Lacosta, se trasladó a Murcia para dar clase de Botánica y Agricultura en el Instituto de dicha localidad. Con la calificación de Sobresaliente, Echegaray acabó el Bachillerato en Murcia en el año 1846. Durante el año siguiente estuvo preparando su ingreso en la Escuela de Caminos. Echegaray realizó el examen para el ingreso en dicho centro desde el día 13 hasta el 17 de diciembre de 1848. Obtuvo la calificación más alta de todos los examinados, obteniendo Sobresaliente en la prueba de matemáticas. En septiembre de 1853, Echegaray acabó sus estudios siendo el número uno de su promoción. Su primer destino como ingeniero fue Granada. Llegó en enero de 1854 pero el Ingeniero Jefe del distrito le envió a Almería casi inmediatamente. Allí estuvo casi todo el año 1854. Regresó a Madrid para recuperarse de una infección palúdica. En su estancia en la capital fue llamado como profesor a la Escuela de Caminos. Allí explicó numerosas asignaturas: Cálculo diferencial e integral, mecánica racional, mecánica aplicada a las construcciones, geometría descriptiva, aplicaciones de la geometría a las sombras y a la perspectiva, hidráulica, distribución de aguas, construcción y estereotomía.

El 3 de abril de 1865 se le eligió miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Echegaray ocupó la medalla número seis, correspondiente a la sección de exactas. El discurso de entrada fue leído el 11 de marzo de 1866. Se tituló *La historia de las Matemáticas puras en nuestra España* (Echegaray 1866). La tesis que defendía Echegaray era que la matemática española no había estado nunca a la altura de la europea. Mientras que en música, literatura y otras artes, España contaba con grandes figuras, en matemáticas nunca había sobresalido ningún español. El discurso de Echegaray tiene graves limitaciones. En primer lugar, la historia de la ciencia no se puede entender como una historia de sus figuras más importantes. En segundo lugar, el discurso muestra una falta notoria de datos históricos respecto a la matemática española e, incluso, varios errores. El discurso jugó un importante papel en lo que se ha denominado la polémica de la ciencia española y fue comentado por numerosos personajes que se ponían a favor o en contra de las ideas de Echegaray (Camarero y Camarero 1970). Merece la pena destacar la conferencia de Francisco Vera en el Ateneo de Madrid, pronunciada el 15 de febrero de 1935 (Vera 1935). Este trabajo, muy bien documentado, ponía las cosas en su sitio. Si bien es cierto que en España no nació un Newton o un Cauchy, podemos decir que matemáticos españoles tuvieron su papel en diferentes momentos de la historia de la matemática.

La vida de Echegaray en Madrid también estuvo influenciada por su dedicación al periodismo, la política y el teatro. Tras “La Gloriosa”, la revolución de septiembre de 1868, el ministro de Fomento, Manuel Ruiz Zorrilla, nombra a Echegaray director de Obras Públicas, Agricultura, Industria y Comercio. Echegaray se convierte en diputado por Asturias y el 15 de julio de 1869 ocupa la cartera de Fomento hasta inicios del año 1870. Vuelve a ocupar la misma cartera desde el verano de 1872 hasta febrero de 1873. Después, por motivos de seguridad, abandona España y marcha a París. Allí reside seis meses mientras escribe *El libro talonario*, comedia con la que inició su dilatada carrera como escritor teatral, llegando a recibir el premio Nobel de Literatura, compartido con el poeta Federico Mistral, en 1904. A su vuelta es nombrado ministro de Hacienda, cargo que dejaría en tres meses. Pese a tan corto espacio de tiempo, Echegaray consiguió darle al Banco de España estructura de banco nacional y la concesión del monopolio de emisión del dinero. También fue ministro de Hacienda, por poco tiempo, en 1905, así como senador vitalicio, presidente del Consejo de Instrucción Pública y director de la Compañía Arrendataria de Tabacos y Timbre.

Si algo sobresale en la vida científica de Echegaray es su papel como introductor de nuevas ideas matemáticas en España. En 1866, Echegaray comienza a publicar una serie de artículos en la Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales sobre Geometría superior. Estos artículos aparecerían en forma de libro al año siguiente (Echegaray 1867a). Echegaray explicaba en esta obra el sistema geométrico de Chasles. La novedad de estos planteamientos en España queda evidenciada en las palabras de Echegaray:

“En España desgraciadamente nunca se ha explicado esta materia, ni jamás se ha contado con ella en nuestros programas de enseñanza” (Echegaray 1867a; p. 3)

En sus *Recuerdos*, escribiría más tarde:

“Trátase de un libro hecho con cariño, y me parece que las teorías están expuestas con suma claridad y por métodos que casi son míos, aunque después y en obras posteriores del extranjero he visto métodos análogos. Nada tienen de maravilloso, ni exigen esfuerzo alguno, y en rigor están contenidas en las obras clásicas que yo estudiaba; pero de todas maneras me parecen muy apropiadas para la propaganda de la alta Geometría ... Mi libro se refería principalmente a los geómetras franceses; por ejemplo, Poncelet y Chasles.” (Echegaray 1917; tomo II, p. 290-291)

Tras esta obra, Echegaray publicó su *Memoria sobre la teoría de los determinantes* que suponía un nuevo empujón en la introducción de nuevas ideas matemáticas en la España decimonónica. La obra comienza con la siguiente “Advertencia”:

“Esta Memoria es un arreglo, y casi pudiera decir que una traducción libre de la parte elemental de la excelente obra del profesor Trudi. No conozco libro mejor escrito que el del profesor italiano: claridad, método, exactitud, todo lo reúne, y lo más á que puedo aspirar es á que en mi trabajo se refleje algo de las brillantes cualidades del original.” (Echegaray 1868)

En esta obra, Echegaray hace una revisión clara y completa de lo más elemental de la teoría de los determinantes, el más inmediato predecesor de la teoría de los invariantes. Un año después apareció el artículo suyo “Aplicación de los determinantes” en la *Revista de los Progresos de las Ciencias*. En él se trata de la resolución de sistemas de

ecuaciones lineales (lo que hoy comúnmente llamamos “Regla de Cramer”). Parece que la intención de Echegaray era publicar una serie de artículos con diferentes aplicaciones para la Física, Matemática e Ingeniería de la teoría de los determinantes, pero este objetivo inicial se truncó por alguna razón que desconocemos.

La siguiente obra científica importante de Echegaray está vinculada con el Ateneo Científico y Literario de Madrid. Esta institución fue, a la vez, Academia, Escuela de Estudios Superiores y Círculo Literario. Echegaray fue uno de los primeros que ofertaron cursos al abrirse la Escuela. Dedicó el curso 1896-1897 a la “Resolución de las ecuaciones de grado superior y teoría de Galois”. Aquel primer curso de la Escuela gozó de un gran interés y se registró un número elevado de matrículas en todo lo que se ofertó. Echegaray tuvo 122 alumnos pese al tema que eligió. Sin embargo, el número de asistentes a sus clases durante el curso fue disminuyendo considerablemente. El curso siguiente (1897-1898), Echegaray prosiguió con el mismo tema. Sólo tuvo 32 alumnos y, en general, todos los cursos que se ofertaron ese año en el Ateneo vieron reducido considerablemente el número de asistentes. Echegaray abordó el “Estudio de las funciones elípticas” con 24 alumnos el curso 1898-1899. Estos dos fueron los cursos más interesantes que Echegaray dictó en el Ateneo. Del primer curso dictado por Echegaray, el Ateneo publicó dos volúmenes con el título *Resolución de ecuaciones y Teoría de Galois* (Echegaray 1897). Hay que aclarar que ésta fue la primera obra española que desarrollaba de manera sistemática una parte de la obra de Galois. Pese a ello, no es cierto que antes de Echegaray no se hubiera hablado de Galois en España (Echegaray 1990, 75).

Echegaray también estuvo interesado en la física matemática. Del mismo modo que ocurre con su obra matemática, Echegaray fue simplemente un divulgador de las ideas que circulaban por Europa y que eran prácticamente desconocidas en España. J. M. Sánchez Ron divide los trabajos sobre física de Echegaray en dos bloques, siguiendo un criterio temporal. El primer bloque corresponde a las publicaciones anteriores a 1905. En el segundo se sitúan las obras que publicó Echegaray siendo catedrático de física teórica en la Universidad Central de Madrid. Echegaray dio el curso de física matemática desde 1905-1906 hasta 1914-1915. De cada curso, publicó un volumen con temas de física matemática. El décimo volumen, el del año académico 1914-1915, se vio interrumpido en la lección decimonovena y no se volvió a reanudar, pues Echegaray moría el 14 de septiembre de 1916. El tema del curso era “Teoría cinemática de los gases”. Echegaray tomó como guía el tratado de Henry W. Watson³⁹, aunque cita el *Vorlesungen über Gastheorie* de Boltzmann como el libro más adecuado para estudios más profundos. J. M. Sánchez Ron ha analizado esta obra en su introducción a la obra Echegaray (1990) y ha evidenciado los defectos de Echegaray como físico.

La producción científica nacional en física durante el siglo XIX se repartió entre los libros de texto y los de divulgación científica, ya que la investigación no existió prácticamente, si exceptuamos algunos trabajos de observación astronómica. Echegaray destacó en el ambiente científico y social por sus innumerables trabajos de divulgación científica o, como a él le gustaba decir, vulgarización científica. La obra divulgativa de Echegaray no ha sido aún muy estudiada debido a su dispersión y, sobre todo, a su enorme volumen. Podemos escribir una larga lista, pero no completa, de diarios o revistas en los que colaboró: *El Imparcial*, ‘*Almanaque*’ de *El Globo*, *Revista*

³⁹ Henry W. Watson, *A treatise on the kinetic theory of gases* (Clarendon Press, Oxford, 1876). Hay una segunda edición publicada en 1893.

Contemporánea, Ilustración Artística, Ilustraciones Españolas y Americanas, Heraldo de Madrid, Revista Hispano-Americana, Diario de La Marina de la Habana y El Liberal. Aún mejor leer sus propias palabras⁴⁰:

“[Con relación] a la serie de artículos que hace más de treinta y seis años que empecé a publicar con el fin de ir popularizando las ciencias matemáticas y físico-matemáticas en nuestra patria... se cuentan ya estos artículos por centenares y mejor dijera que por miles.

Sólo para el Diario de La Marina hace ya más de treinta años que escribo dos crónicas mensuales, de donde resultan veinticuatro crónicas anuales, o sea, setecientas veinte en el periódico citado.”

La principal motivación de Echegaray para escribir estos artículos fue la económica⁴¹. El estilo de Echegaray, cursi y melindroso para los lectores actuales, fue muy eficaz para la divulgación de la ciencia y la tecnología entre los lectores españoles. No profundizaba mucho en los temas que trataba, pero sin embargo lo que decía era correcto y desconocido, en cierta manera, en España.

Antes de entrar de lleno en la obra divulgativa de Echegaray debemos señalar sus trabajos de divulgación serios. Echegaray escribió un *Tratado elemental de Termodinámica*⁴², una *Teoría matemática de la luz*⁴³ y unas *Observaciones y teorías sobre la afinidad química*⁴⁴. En estas obras no hay nada original. Sin embargo, fueron muy novedosas en España, ya que sus contenidos no se enseñaban ni en los institutos, ni en las escuelas especiales y ni tan siquiera en la universidad. Podemos leer en el prólogo de su *Teoría matemática de la luz* (Madrid, 1871):

“La tarea que hoy emprendemos es difícil, pero nos sostiene la esperanza de que, por imperfecto que nuestro trabajo sea, alguna utilidad tendrá, aquí donde nada se ha escrito sobre Física matemática.”

Por su calidad y, sobre todo, porque no había otro texto capaz de competir con él, el libro de termodinámica de Echegaray fue el que divulgó esta rama de la física en España. J. M. Sánchez Ron ha comentado estas obras en su introducción a la obra Echegaray (1990).

Echegaray publicó algunos de sus artículos de divulgación en libros. Bajo el título *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales*, se escribieron cuatro volúmenes⁴⁵ y años más tarde apareció *Ciencia Popular y Vulgarización Científica*. Su

⁴⁰ José Echegaray, *Recuerdos*, tomo II, pág. 279-280. Citado en la obra Echegaray (1990), editada por J. M. Sánchez Ron.

⁴¹ Ver la introducción de J.M. Sánchez Ron a la obra Echegaray (1990).

⁴² *Tratado elemental de Termodinámica* (Imprenta de los conocimientos útiles, Madrid, 1868). Sobre la rareza de este libro podemos decir que Sánchez Ron dedicó una nota a pie de página en Echegaray (1990) para indicar lo difícil que le había resultado localizar la obra. Sólo encontró un ejemplar en Barcelona gracias a Antoni Roca. Echegaray publicó artículos que son partes del *Tratado* en la *Revista de Obras Públicas*. Cf. Echegaray (1868) y Echegaray (1871a).

⁴³ Cf. Echegaray (1871b). También se publicó en forma de artículos en la *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.

⁴⁴ *Observaciones y teorías sobre la afinidad química* (La energía eléctrica, Madrid, 1901).

⁴⁵ José Echegaray, *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales* (Imprenta de Francisco Roig, Madrid, 1867).

José Echegaray, *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales*. 2ª edición considerablemente aumentada (Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, Madrid, 1873).

José Echegaray, *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales*. Segunda serie

propósito era “dar á conocer la tendencia sintética de la Física moderna, sus grandes leyes, y sus admirables descubrimientos en forma clara, sencilla y para el mayor número posible de lectores”⁴⁶. En la primera serie, Echegaray ya presenta un tono muy moderno, presentando la teoría moderna del calor y de la luz. Incluye el análisis espectral como aplicación de las teorías expuestas. Ataca la teoría del calórico utilizando argumentos derivados del calor producido por rozamiento. Podemos leer en el artículo III que “la creación ilimitada de calor por el rozamiento no se explica de este modo [no se explica por el fluido calórico]”⁴⁷. Echegaray ya había escrito sobre este tema, con la misma visión moderna, en su artículo *Sobre la teoría moderna del calor* de 1867⁴⁸.

Echegaray, en su obra de 1883, escribe un artículo titulado *De la conservación de la energía en el mundo material*. Presenta, en primer lugar, el principio de conservación de la energía como uno de los más importantes de la física moderna. A continuación cita a Joule, Mayer y a Clausius. Califica de admirables las investigaciones de este último y da algunos valores de velocidades moleculares “á la temperatura cero y á la presión de la atmósfera”:

“[Clausius nos dice que] la molécula de oxígeno camina con la velocidad de 461^m por segundo; la de ázoe, con la velocidad 492^m; la de hidrógeno, á razón de 1848^m; y que la velocidad media para las moléculas del aire que respiramos es de 485^m.”

Más adelante, explica los conceptos de *vis viva*⁴⁹, energía actual, trabajo mecánico y energía potencial, incluso con sencillas fórmulas algebraicas. Una vez establecidos estos términos, presenta el principio de conservación de la energía con fórmulas muy sencillas y pone varios ejemplos numéricos. Tenemos que añadir lo excepcional de este artículo por incluir fórmulas matemáticas, aunque sean sencillas. De ordinario, no aparecían nunca fórmulas en artículos de divulgación e, incluso, en algunos libros de texto de física era difícil encontrar alguna.

La obra de divulgación más importante de Echegaray es *Ciencia Popular* (Madrid, 1905). Ésta salió de la imprenta por el homenaje que la Escuela de Ingenieros de Madrid le hacía al autor, que había recibido el premio Nobel de literatura. De esta manera, se agrupan sin orden ni concierto 88 artículos de prensa sobre temas de diversa índole. La mayoría de estos artículos habían aparecido en los diarios *El Imparcial* y *El Liberal*. Los títulos de estos artículos se listan en la tabla 1.8. Analizando someramente este apéndice podemos observar que Echegaray escribió sobre temas relacionados con su formación (ingeniería, física,...). Tan sólo destaca por su temática un artículo dedicado a la biografía de Pasteur⁵⁰. En este artículo podemos leer:

(Imprenta y Librería de J. Gaspar, editor, Madrid, 1883).

José Echegaray, *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales*. Tercera serie (Librería Fernando Fé, Madrid, 1889).

⁴⁶ Literal del prólogo de la obra Echegaray (1883).

⁴⁷ Cf. Echegaray (1873).

⁴⁸ Al final del artículo, publicado por la *Revista de Obras Públicas*, aparece entre paréntesis la *Revista Hispano-Americana*. Así sabemos que el artículo se publicó en esta última revista por primera vez, aunque no he podido localizarlo.

⁴⁹ La *vis viva* era el doble de lo que hoy llamamos energía cinética.

⁵⁰ Sobre la influencia que Pasteur tuvo en la divulgación científica y sobre la opinión pública, puede consultarse a Hendrick (1992).

“Ya lo hemos dicho: la ciencia á que Pasteur se dedicó no es de nuestra competencia.” (Echegaray 1905, 303)

Así, Echegaray sólo escribía sobre los temas científicos o tecnológicos que conocía con suficiente soltura y no entraba en consideraciones sobre otros aspectos de la ciencia que desconocía. No conocemos, por ejemplo, ningún artículo suyo sobre el darwinismo pese a la gran polémica que suscitó en España (Núñez Ruiz 1977; Pérez González 1987).

Tras un atento estudio de las obras *Ciencia Popular* y *Vulgarización Científica*, se han agrupado los artículos en las disciplinas que aparecen en la Tabla 1.7. Podemos ver los grandes bloques temáticos de los artículos que componen *Ciencia Popular*. Más de la mitad de los artículos (54%) se dedican a la ciencia aplicada o la tecnología. Hay que tener en cuenta que el libro lo editaba una Escuela de Ingeniería. A la ciencia pura y a temas varios se dedican el 27% y el 19%, respectivamente. Fijémonos más detenidamente en los artículos dedicados a la ciencia pura. La física moderna ocupa un lugar destacado (8%). Los rayos X, por ejemplo, interesaron al público en general durante el tránsito del siglo XIX al XX. Echegaray, en un artículo titulado “Los Rayos X”, escribía:

“Gran interés ha despertado, así en los círculos científicos como en la masa general de las gentes, el profesor Roentgen de Würtzburg con su descubrimiento de los rayos X.

En Academias, en Universidades, en revistas de ciencias, en la prensa diaria de todos los países, hasta en salones y casinos, no se habló durante algunas semanas más que de los rayos X, de rayos catódicos, de tubos de Crookes, de fotografías a través de cuerpos opacos y de universales transparencias para rayos *invisibles* de luz. Sobre todo, la *mano espectral*; quiero decir, aquella mano toda negra, que parece mano de espectro, brotando repentinamente de las tinieblas y posándose siniestra sobre la plancha fotográfica con sus huesos de esqueleto vigorosamente dibujados; en suma, la mano fantástica de Roentgen ha producido un efecto inmenso en el público.” (Echegaray 1905, 753-754).

Tabla 1.7. Se da el número de artículos (como porcentaje del total y el número entre paréntesis) para cada categoría que aparecieron en “Ciencia Popular” y “Vulgarización Científica”.

<i>Categoría</i>	<i>Ciencia Popular</i>	<i>Popularización científica</i>
Ciencia Pura	27.3% (24)	21.1% (8)
Matemáticas	1.1%(1)	0% (0)
Electromagnetismo	2.3%(2)	0% (0)
Mecánica	2.3%(2)	5.3%(2)
Optica	1.1%(1)	2.6%(1)
Astronomía	3.4%(3)	0% (0)
Termodinámica	5.7%(5)	7.9%(3)
Física Moderna	8.0%(7)	0% (0)
Meteorología	3.4%(3)	5.3%(2)
Ciencia Aplicada	53.4% (47)	52,6% (20)
Telegrafía y Radio	5.7%(5)	5.3%(2)
Inventos	21.6%(19)	23.6%(9)
Navegación aérea	4.5%(4)	0% (0)
Trenes y tranvías	12.5%(11)	13.2%(5)
Uso de la Energía	9.1%(8)	10.5%(4)
Varios	19.3% (17)	26.3% (10)

Noticias	1.1%(1)	0% (0)
Reuniones	1.1%(1)	0% (0)
Diccionario	3.4%(3)	5.3%(2)
Biografías	3.4%(3)	5.3%(2)
Pensamiento	10.3%(9)	15.7%(6)

También destaca el número de artículos dedicados a la termodinámica. Hay que recordar que Echegaray fue el primer divulgador de la termodinámica en España y que ideas modernas sobre el calor y el atomismo se estaban introduciendo en España en esta época (Vaquero Martínez 1998a). También hay que destacar el bajo número de artículos dedicados a las Matemáticas. Pese a los grandes conocimientos matemáticos de Echegaray, no divulgó especialmente las Matemáticas a un nivel popular.

Respecto a la ciencia aplicada, casi la mitad de los artículos de este bloque están dedicados a los inventos. Echegaray intenta ganar lectores explicando los más variados y sorprendentes inventos del mundo moderno que, a menudo, no se veían en la mayoría de las zonas de España. Así, por ejemplo, podemos leer en uno de sus artículos:

“Con este aparato [kinetógrafo], Edison obtiene 46 fotografías por segundo de cualquier objeto; es más que una instantánea; es, por decirlo así, una ametralladora fotográfica.” (Echegaray 1905, 847).

También incluye comentarios de los inventos realizados por el español Torres Quevedo (Torres Quevedo 1992). Los artículos sobre trenes y tranvías son también numerosos. Su presencia es lógica, ya que en la segunda mitad del siglo XIX el tren se convirtió en el medio de locomoción más usado en España (Gómez Mendoza 1982). Sobresalen también los artículos dedicados al uso, ahorro y mejor utilización de la energía. Es aquí donde vemos la faceta gestora de Echegaray que le llevó a ocupar altos cargos políticos y de gestión. A la telegrafía y a la radio se dedican varios artículos. Al igual que la red de ferrocarriles, la red telegráfica tuvo un gran auge en esta época. También tenemos un conjunto de artículos dedicados a la navegación aérea. Echegaray comenta en estos artículos noticias que ha leído en la prensa francesa principalmente.

Respecto a los temas varios, la mayoría de los artículos de este bloque están dedicados a las relaciones entre la ciencia y la sociedad y, en general, a reflexiones de Echegaray. Los artículos de tipo “Diccionario”, donde explica términos científicos, están también presentes. La falta de artículos dedicados a las Matemáticas se suple con los dedicados a la biografía de grandes matemáticos como Abel o Fermat. También hay artículos dedicados a noticias diversas y a reuniones científicas.

Todos los artículos que componen la obra *Vulgarización Científica* ya se habían publicado en *Ciencia Popular*. En *Vulgarización Científica*, más de la mitad de los artículos (53%) se dedican a la ciencia aplicada o la tecnología. A la ciencia pura y a temas varios se dedican el 21% y el 26% respectivamente. Estos valores concuerdan con lo ya visto en *Ciencia Popular*. Respecto a los artículos dedicados a la ciencia pura, destaca el que la física moderna desaparece en esta obra. Por otro lado, sorprende el gran número de artículos dedicados a la termodinámica. Los demás artículos se reparten entre meteorología, mecánica y óptica. Casi la mitad de los artículos dedicados a la ciencia aplicada están dedicados a los inventos, aumentando este porcentaje respecto a *Ciencia Popular*. Los artículos sobre trenes y tranvías siguen siendo también numerosos. Sorprende desde nuestra perspectiva actual los artículos dedicados al uso,

ahorro y mejor utilización de la energía. A la telegrafía y a la radio se dedican también algunos artículos. Estos porcentajes muestran un gran parecido respecto a *Ciencia Popular*. La mayoría de los artículos que contienen temas varios siguen estando dedicados a las relaciones entre la ciencia y la sociedad (16%) y, en general, a reflexiones de Echegaray, al igual que en *Ciencia Popular*. Los artículos de tipo “Diccionario”, donde explica términos científicos, siguen presentes, así como los dedicados a la biografía de grandes matemáticos. Sin embargo, desaparecen los artículos dedicados a noticias diversas y a encuentros científicos en *Vulgarización Científica*.

Tabla 1.8. Comparación entre los artículos aparecidos en *Ciencia Popular* (1905), *Vulgarización Científica* (1910) y *Ciencia Popular* (1928).

Artículos	Ciencia Popular (1905)	Vulgarización Científica (1910)	Ciencia Popular (1928)
Ilusiones y realidades	X	X	X
Dos nuevas invenciones	X		X
El cuarto estado de la materia	X		X
Congresos internacionales	X		
La locomotora eléctrica	X		X
La tracción eléctrica	X		
Las energías del radium	X		
Los juguetes de los sabios	X	X	X
Nuevas experiencias de navegación aérea	X		
Las experiencias de Santos Dumont	X		
Inventos del Sr Torres Quevedo	X	X	X
La fotografía del sonido	X	X	X
Turbinas de vapor	X		X
Un punto que conviene aclarar (telegrafía sin hilos)	X		
Las locomotoras	X		
Navegación aérea	X		
El metropolitano de París	X	X	
La esperanza del débil	X		X
Transporte de fuerza directiva	X		X
Unidades eléctricas	X	X	X
Por qué avanza la locomotora	X	X	X
Por qué se quema el carbón	X	X	X
Pasteur	X		
Un discurso de M. W. Crookes	X		
El acetileno	X		
Transporte de fuerza sin hilos por electricidad	X		
Noticias varias	X		
Imágenes eléctricas	X		X
Todavía la dirección de los globos	X		
El aire líquido	X		X
Transporte y centralización de fuerzas	X		
El tiempo al revés	X	X	X
Por qué dilata el calor	X	X	X
El frío	X	X	X
Aplicaciones de la electricidad	X	X	X
La fuerza del sol	X	X	X
El alma de la industria	X	X	X
El Barón Cauchy	X	X	
El Newton del norte (Abel)	X	X	
Fabricación del diamante	X	X	X

Para las ciencias físicas	X		
Telegrafía sin hilos	X	X	
Fotografías de colores	X	X	
Un filamento de carbón	X	X	X
Los bancos y las dinamos	X	X	
La Locomoción	X	X	X
Los explosivos como fuerzas motrices	X	X	X
Exploraciones en la atmósfera	X		X
Los rayos catódicos	X		X
El kilográmetro	X	X	X
Transporte eléctrico de los fotografías	X		
Variaciones sobre el motivo del bólido	X		X
La bicicleta y su teoría	X	X	
Fuerzas muertas y fuerzas vivas	X	X	
Un pequeño invento	X		
La historia del porvenir	X		X
Nueva telegrafía óptica	X		
El tranvía eléctrico en Madrid	X	X	
El experimento de Faraday	X		X
El hambre universal	X	X	X
Las manchas del sol y la meteorología	X	X	
Los colores	X	X	X
Valles y montes	X	X	X
La dínamo	X	X	X
Transmisiones telegráficas	X	X	
Fabricación del frío	X	X	X
Dos inventos novísimos	X		
Tranvías eléctricos	X		
Los rayos X	X		
El calor	X		
Energías disponibles	X		X
Calefacción eléctrica	X		
Oro y plata oceánicos	X		
Transmisión eléctrica de imágenes	X		
Nuevo carruaje eléctrico	X		
El ovillejo de Bramante y la locomotora	X	X	X
El sol negro	X		X
La fuerza de las mareas	X	X	X
El kinetoscopio	X		
El telescopio Dussaud	X		
Las fuerzas dispersas	X		
Los cuerpos opacos	X		X
Máquinas de vapor y dinamos	X		
Las fuerzas naturales	X		
Transporte de fuerza	X		
Los explosivos	X	X	X
Nuevas lámparas eléctricas	X		
El espacio de muchas dimensiones	X		X
Electricidad y magnetismo, resultados experimentales y teorías diversas			X
Resumen de las teorías modernas sobre el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo			X
Del cuerpo humano como máquina de transformación del pensamiento en fuerza material			X
El alfabeto			X
Aplicaciones de las teorías precedentes: análisis espectral			X

Respecto a la propia idea del éter, Echegaray se muestra inflexible. Hemos de recordar que, como físico, Echegaray es un clásico que ha crecido con el ideal mecánico como máximo exponente de la física. No es extraño, por lo tanto, que Echegaray use constantemente la idea del éter en sus artículos de vulgarización:

“La transmisión de la fuerza, ó mejor dicho de la energía mecánica á través del éter que impregna el espacio, es problema que no se ha resuelto todavía” (Echegaray 1905, 139)

“Al paso que la telegrafía sin hilos que hoy conocemos se realiza á través de un ‘medio aislador’, que es el éter” (Echegaray 1905, 182)

“¿Y por qué no? La ciencia supone que el éter, sustancia eminentemente elástica, se extiende por todas partes.” (Echegaray 1905, 502)

“La luz, según las teorías modernas, y objetivamente considerada, es vibración del éter” (Echegaray 1905, 758)

Echegaray, como físico decimonónico, defendió plenamente la hipótesis del éter. De hecho, para explicar la teoría matemática de la luz sólo utilizaba la mecánica clásica y dos hipótesis. La primera era que existía el éter, compuesto de átomos de masa mínima que ejercen entre sí fuerzas de repulsión. La segunda era que el fenómeno luminoso se producía por vibraciones de los átomos de éter (Lafuente 1977; 1978). Recordemos que la idea del éter fue la que permitió introducir la luz en el programa de explicación mecánica. La luz se convirtió, simplemente, en la vibración del éter.

En un caso más concreto, podemos repasar la influencia del éter en la forma de divulgar la física involucrada en el color de los cuerpos. Recordemos que la teoría de los colores sufrió una mejora espectacular gracias a las ideas de Newton. Sin embargo, la investigación sobre el color ha estado paralizada hasta, prácticamente, el siglo XX. Echegaray seguía la idea ortodoxa por la cual cada tipo de vibración del éter, es decir, cada onda luminosa caracterizada por una longitud de onda era un cierto color:

Según las teorías modernas, la luz no es otra cosa que la vibración del éter, como el sonido es la vibración del aire...
...si el color es la vibración del éter, como hay muchas clases de vibraciones, habrá muchas clases de colores. (Echegaray 1905)

La luz blanca estaba compuesta de todas las vibraciones que existían en el rango visible y los tradicionales siete colores sólo fueron usados por Echegaray como ejemplos o para apoyar su estilo, que ahora nos parece cursi y remilgado. De hecho, en uno de los artículos que transcribiremos más adelante llega a decir:

... válgame este número siete como ejemplo. (Echegaray 1905)

Una de las características más interesantes de la obra de Echegaray sobre el color es la aparición en ella de la teoría de las interferencias. Si preguntamos a un alumno de Bachillerato qué maneras tenemos de producir colores, probablemente lo primero que contestará será que pasando un rayo de luz blanca a través de un prisma, o que buscando una sustancia que emita o que refleje el color que deseamos. A pocos se les ocurrirá que puede conseguirse también provocando interferencias. Éste es el mérito de Echegaray

respecto al color, ya que la mayoría de las obras de física de su época no explicitaban este hecho.

Otra de las características más significativas de la obra divulgativa sobre el color de Echegaray es la analogía que utiliza para explicar los fenómenos de los colores. Identifica una vibración del éter con una ola en el mar. Este recurso didáctico le permite al lector el tener constantemente una imagen cotidiana, o al menos macroscópica, de lo que sucede en una escala espacial mucho más pequeña. Lo cierto es que este recurso didáctico siguió usándose en obras de divulgación en España. Sirva como ejemplo el artículo titulado “En el mundo del éter” que apareció en una importante revista española para aficionados a la radio llamada *Radio Sport* en 1926 (D’Asteck 1926)⁵¹. Además, el

⁵¹ Reproducimos este interesante documento:

EN EL MUNDO DEL ÉTER

POR EL DR. E. A. D’ASTECK CALLERY

DESDE Newton a Einstein se han lanzado diversas teorías sobre el éter; por desgracia, no han contribuido a poner en claro la existencia o la inexistencia de tan singular elemento; pero a medida que van llegando hasta nosotros tantas hipótesis sobre las oscilaciones etéreas, lo único que puede decirse es que los sabios se han familiarizado con la idea de que las ondas no son ondas, sino más bien diminutas partículas, que no tienen nada de inmaterial. Estos sabios nos pintan las ondas como si fueran archimicroscópicos proyectiles de luz; de aquí, lo que significa el nuevo nombre de «cuanta», de Planck. A pesar de las muchas controversias suscitadas por esta nueva teoría, hay que reconocer, pese a quien pese, que ha tomado carta de ciudadanía en la física moderna. Los «Cuanta», de Planck, en el reino de lo infinitamente pequeño, han dejado muy atrás a las exiguas dimensiones concedidas a los electrones, aun siendo éstos muchos millones de veces más grandes que los ya famosos «cuanta». Tanta pequeñez es natural que infunda en los cerebros de los investigadores una idea aproximada de la imponente inmensidad que llena el mundo de lo imponderable.

Sin traer las cosas por los cabellos, y haciendo honor a la verdad, debemos confesar que existen hechos indiscutiblemente favorables a la nueva teoría; y sin ir más lejos, baste recordar el mecanismo de los fenómenos fotoeléctricos. Permítasenos ahora una explicación, puesto que este artículo no está escrito para profesionales. Ciertos metales, por ejemplo el potasio, tienen la propiedad, bajo la acción de una luz intensa, de poner en libertad a los electrones contenidos en su masa; he aquí, en pocas palabras, en qué consiste el efecto «fotoeléctrico». Se ha averiguado además que la velocidad con que salen del potasio estos electrones es una velocidad constante por un definido género de luz, pero sin que por esto sea proporcional a la cantidad de la misma.

Una comprobación brillante del fenómeno que nos interesa puede ser llevada a cabo con los rayos X. Si dirigimos una corriente electrónica hacia una placa de un metal cualquiera, ésta emitirá a su vez rayos X o de Roëntgen.

Es así, en realidad, como trabajan corrientemente los tubos de Coolidge u otros empleados para rayos X. Hay interés en hacer observar al lector que la longitud de onda de los rayos X depende, sobre todo, de la velocidad que tienen los electrones cuando bombardean la placa del tubo. Si los rayos X engendrados durante el experimento son dirigidos a su vez sobre otra placa metálica, ésta pondrá en libertad electrones por efecto fotoeléctrico dentro de los límites de longitud de la onda más larga de la luz visible.

Hasta aquí no hay nada de extraordinario, pero ahora vienen las sorpresas: los electrones puestos en libertad por la placa de un metal iluminado en las condiciones susodichas tienen la misma velocidad que los electrones que dieron nacimiento al principio de la experiencia a los rayos Roëntgen. La realidad del hecho está bien comprobada, y es tan cierta, que aun cuando el foco de rayos X esté alejado de la placa, no presenta ninguna modificación, a pesar de hallarse la acción de estos rayos debilitada por la distancia.

Es cosa corriente en cuestiones de electricidad, sea por lo abstruso de las ideas, o sea por la insuficiencia de las definiciones técnicas, que se recurra con mucha frecuencia al valimiento de analogías hidráulicas u otras. En el caso que tratamos, como en otros tantos, no podía carecer este esfuerzo analogista aportado por físicos de fama para explicarnos los mecanismos de los hechos que descubren o estudian. Un físico inglés muy conocido es autor de la analogía que damos a continuación. Dice así: «Supongamos que una plancha cae al agua desde la borda de un barco anclado en el puerto de Nueva York, su caída provocará

interés de este artículo va más allá de dicha analogía, ya que plantea el conflicto entre la teoría ondulatoria de la luz y la teoría cuántica.

seguramente unas pequeñas oscilaciones en el Océano. Supóngase también que estas ondas atraviesen el Océano, aunque debilitándose, a medida de su propagación; pero si estas ondas llegan al puerto de Liverpool; y, puestos ya en camino de suposiciones, sigamos suponiendo que en ese puerto se hallara otra plancha también flotando en el puerto inglés, al lado de otro barco, si dicha plancha recibe de pronto el choque de esas débiles ondas viajeras transoceánicas, saltaría instantáneamente a bordo del barco.[«]

De ser el hecho cierto, sería sencillamente maravilloso; pero lo que indudablemente es cierto es que una cosa análoga o por lo menos paradójica acontece con el efecto fotoeléctrico de los rayos X, como hemos apuntado más arriba.

Nadie, por partidario que se conceptúe de la teoría del éter y de su mecanismo simplista de propagación de las ondas etéreas, podría hacer compatibles entre sí a estas teorías. Claro está, salta a la vista, que estas ondas son demasiado débiles a cierta distancia para impulsar a un electrón con la misma energía que pudiera poseer ese electrón en el momento de producirse la supuesta primera onda, mientras que con la teoría de «los cuanta» de luz, o sea la teoría de los proyectiles extremadamente ligeros, todo se explica. La energía se concentraría en ciertos límites de espacio, uno de estos «cuanta» sería el que pudiera chocar con la tranquila plancha del puerto de Liverpool, y, por tanto, echarla de un salto a bordo del barco de Liverpool.

Aparte del caso que ha servido al analogista para la explicación de fenómeno tan interesante, debemos decir que hay legión de hechos que se pueden interpretar con la teoría de los «cuanta», pero no por aquella de las ondulaciones etéreas; pero de un modo ecuánime, hay que reconocer también que existen otros muchos inexplicables por la nueva teoría de Planck, y en cambio perfectamente explicables con la teoría del éter. Recordemos para ello los fenómenos de interferencia, muy conocidos en óptica desde hace mucho tiempo, y que hoy día han encontrado aplicación en radiotelefonía, en las últimas interpretaciones del ya conocido «fading» o desvanecimiento de las ondas.

De modo que tenemos en el palenque de la ciencia dos teorías completamente contradictorias para sustentar la explicación del fenómeno de radiación etérea (luz, rayos X, ondas empleadas en radiotelefonía y otras). Cada teoría satisface ciertos casos y es incompatible con otros. Se ha buscado el reconciliar estas teorías, y quien primero lo intentó fué Nilson Bohr, y el eminente autor de la teoría atómica, ya muy en boga; también Alfredo Einstein ha hecho lo propio, pero todo sigue igual.

Tan sólo ha tenido una buena acogida en los Centros científicos serios la teoría del astrónomo inglés Jeans, según el cual, las ondulaciones del éter aparente no tienen otra realidad más que representando simplemente en el espacio el sitio que ocupan «los cuanta», que tienen una gran probabilidad de reflejar su acción sobre los átomos y electrones de la materia. Otro punto de vista pertenece a Sir Joseph Thompson: es el que se basa en la emisión simultánea de «cuanta» y de ondas etéreas; como se ve, es una teoría dualista; pero más éxito que ninguno ha tenido el francés De Broglie, quien se ha especializado en estos estudios; según él, hay que atribuir el fenómeno de la radiación a la acción individual de estos terribles «cuantas», dentro de la esfera de cada cual se produce un fenómeno periódico caracterizado por una frecuencia determinada, algo así como un movimiento de fuerzas eléctricas y magnéticas dentro de los mismos pequeñísimos «cuanta», y para abusar una vez más de las analogías, debemos ver en el espacio, en vez de ondas, una lluvia de estos «cuanta», cual si fuesen unas bolas elásticas que se dilatan y contraen alternativamente sobre su eje.

No sigamos, por lo tanto, hablando con volubilidad de las «ondas», puesto que no tenemos todavía la evidencia que existan en realidad; pero por lo que se refiere a la «frecuencia», eso ya es otra cosa, sea este fenómeno lo que sea, todo el que trabaje o haya trabajado en Radio tendrá esta misma sensación. La Radio frecuencia tiene para todos nosotros una significación mucho mejor determinada que las «ondas». De Broglie llega a insinuarnos que en estas frecuencias no hay en el fondo otra cosa más que un enjambre compacto de proyectiles de energía que viajan por el espacio a la velocidad de la luz. No tomemos nada como definitivo al tratarse de las conquistas del saber humano, y procedamos alguna vez como los ciegos, que desconfían más del báculo que adelantan en su camino que del tacto que han desarrollado a costa de otros sentidos.

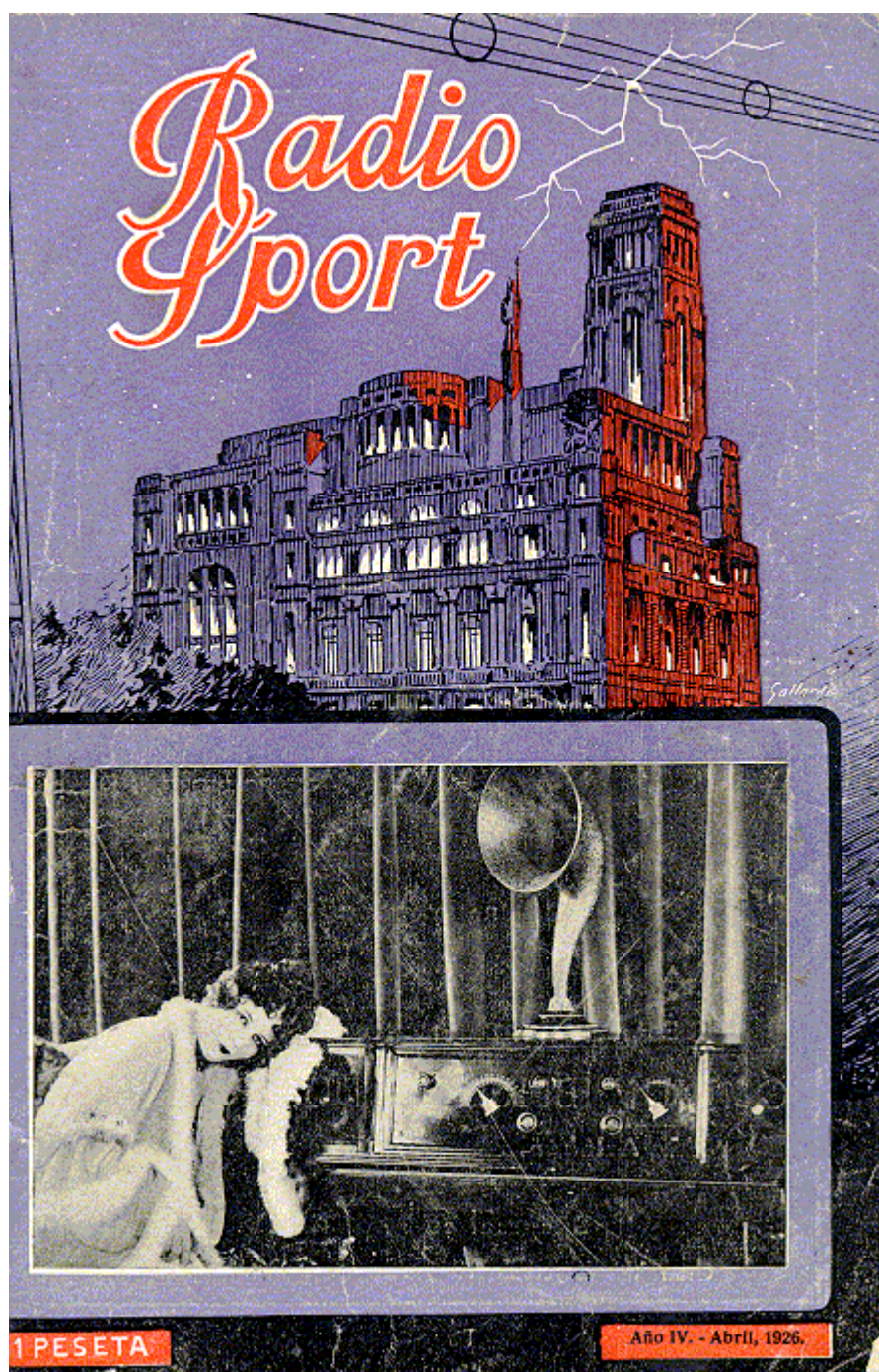


Figura 1.15. Portada del número de abril de 1926 de la revista “Radio Sport” donde apareció un artículo divulgativo sobre el éter y la irrupción de las nuevas ideas cuánticas.

1.6. Otros impresos y éter

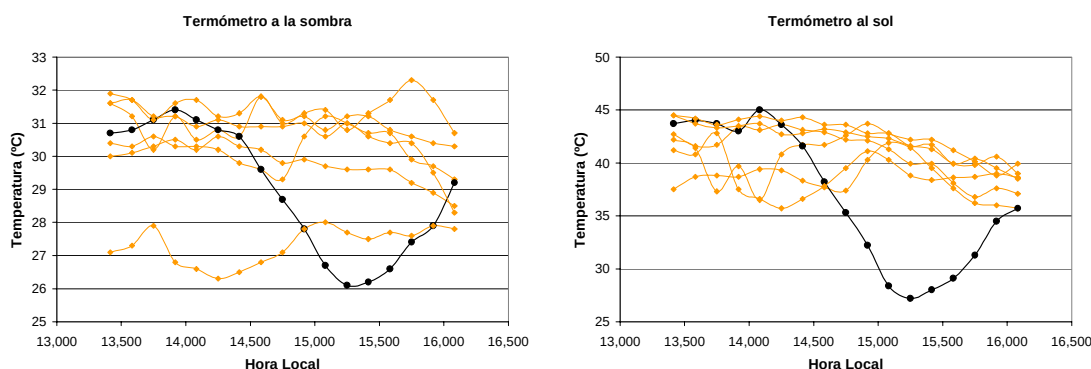
Además de libros de texto y programas de asignaturas, hemos encontrado otros impresos que creemos deben ser recogidos. Los incluimos en este apartado de manera desigual. En primer lugar comentaremos un extraño folleto del físico decimonónico español Rafael Chamorro. También hemos querido incluir algunos datos sobre la concepción de éter que tuvieron algunos de los relativistas de la “edad de plata” de la física española y, por último, ofrecemos algunas informaciones sobre la idea del éter en la Extremadura de principios del siglo XX.

1.6.1. El “Nuevo Sistema”(1869) de Rafael Chamorro.

Uno de los folletos sobre física más curiosos que hemos encontrado es el titulado *Nuevo sistema para explicar el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo* de Rafael Chamorro (1869). Este personaje no es un desconocido de la historia de la física en España, aunque sabemos pocas cosas de él. Chamorro publicó dos artículos sobre meteorología en la *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. El primero es un resumen de las observaciones meteorológicas que había realizado en Alicante, donde trabajaba como catedrático de física en el Instituto de segunda enseñanza de dicha localidad (Chamorro 1863). Las observaciones comienzan en diciembre de 1857 y acaban en noviembre de 1862, cubriéndose cinco años consecutivos. El segundo trabajo que conocemos es también un resumen de las observaciones meteorológicas que realizó Chamorro durante el eclipse de Sol del 18 de julio de 1860 (Chamorro 1864)⁵². Chamorro era, por tanto, un claro ejemplo de la comunidad científica española de mediados del siglo XIX.

Chamorro(1869) indica en la introducción que los físicos más eminentes buscan un sistema que unifique la explicación de los fenómenos del mundo material (calor, luz, electricidad y magnetismo) y de los fenómenos de composición y descomposición de los cuerpos. En un preliminar, admite la existencia de una “materia cósmica o éter

⁵² Las observaciones meteorológicas durante los eclipses de sol son aún una tarea de investigación para algunos meteorólogos (Anderson 1999), ya que los eclipses son una oportunidad única para estudiar la reacción de la atmósfera cuando la radiación solar incidente es anulada de forma brusca (y el fenómeno inverso). Chamorro colocó termómetros al sol y a la sombra para comprobar qué ocurría durante el eclipse. También obtuvo lecturas de los termómetros los días previos y posteriores al eclipse. Sus resultados se muestran en las figuras. En ellas se ha representado la evolución de las temperatura con respecto al tiempo en cada día de registro. La línea más oscura es la lectura de los termómetros el día del eclipse. Podemos apreciar claramente una caída de temperatura de unos cinco grados para el termómetro colocado a la sombra y más de quince grados para el termómetro expuesto al sol. Ambos resultados son acordes a los valores obtenidos por otros observadores.



infinitamente dilatada”. Para Chamorro, este éter está vibrando en el interior del Sol y le comunica su tensión y vibraciones al éter libre. De estas vibraciones se producen el calor, la luz y la electricidad:

“Pues bien: de la amplitud de la vibración procede el calor; del tiempo ó rapidez con que se verifica dicha vibración, la luz, y de la velocidad que posea, resulta la electricidad que se convierte en magnetismo cuando se forman corrientes circulares y perpendiculares a un eje.”

Pese a los disparates de la obra, debemos señalar que se da un sistema unificador para la explicación mecánica de los fenómenos de la naturaleza cuando hasta 1880 se mantuvo en los planes de estudios españoles la asignatura de *Fluidos imponderables*, lo que entraña, en cierto sentido, una nota de modernidad.

1.6.2. Éter y Relatividad en España.

Está claramente establecido que los primeros físicos españoles que comprendieron el significado de la relatividad y la supieron enmarcar dentro de la física de su tiempo fueron Esteban Terradas y Blas Cabrera.

Terradas, debido a su dominio del idioma alemán, fue posiblemente el primer español que estuvo al corriente de la relatividad especial. De hecho, Terradas estaba suscrito a los *Annalen der Physik* desde 1903 (o al menos tenía muchos números) y, con toda seguridad, leyó el artículo de Einstein poco después de ser publicado en 1905. En 1908, durante la celebración en Zaragoza del primer Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, la relatividad especial apareció en España gracias a Terradas y Cabrera. Terradas exponía en un trabajo las modernas teorías sobre la emisión de la luz. Ahí se refería a la relatividad especial, aunque sólo como una nueva deducción del “principio descubierto por Lorentz”.

En el invierno de 1920-21, Terradas impartió un curso sobre “La Relativitat i les noves teories del coneixement”, patrocinado por la Mancomunitat de Catalunya. De Rafael, uno de los asistentes, publicó los apuntes que tomó durante el curso, dividiéndolos en seis temas: relatividad galileana, el éter, el experimento de Michelson-Morley, algunas generalizaciones concernientes a los experimentos del arrastre del éter, la contracción de Lorentz y el tiempo local (De Rafael 1921). En esta obra, apreciamos a un Terradas inflexible e inequívoco en la idea del abandono del éter: “El éter no existe, y con él tampoco el espacio absoluto, ya que no podemos en manera alguna demostrar su existencia”. La defensa apasionada de la relatividad que Terradas mantenía alcanzó un amplio nivel de divulgación cuando le encargaron la voz *relatividad* para la “Enciclopedia Universal Ilustrada”, artículo que ocupó cincuenta páginas.

Respecto a Cabrera, podemos decir que en el congreso de Zaragoza de 1908 presentó un trabajo sobre la teoría de los electrones. Mencionaba la teoría de Einstein como un perfeccionamiento de la teoría del electrón de Lorentz. Desde luego, aún mantenía la existencia del éter. Esta creencia desaparecería enseguida. Ya en un artículo que publicó en la revista de la Real Academia de Ciencias en 1912 afirmaba que no se podía detectar experimentalmente el éter (Cabrera 1912-13).

En su conferencia titulada “¿Qué es la electricidad?” (Cabrera 1917), Cabrera dejaba ver que la relatividad era una teoría revolucionaria. Respecto al éter, Cabrera es

contundente. En el resumen del epígrafe dedicado a la electricidad y el éter, Cabrera escribe:

“La aplicación de los principios generales de la Mecánica clásica a la propagación del campo electromagnético impone la necesidad del éter, que puede interpretarse como un flúido, cuyas deformaciones se miden por el campo. Sin embargo, los fenómenos de los cuerpos en movimiento, interpretables admitiendo el *principio de relatividad*, obligan a suponer que cada sistema posee un éter propio, supuesto que equivale a su eliminación como entidad real.” (Cabrera 1917, 157)⁵³

Pero quizás, el máximo exponente de las ideas de Blas Cabrera sobre relatividad y éter se encuentren en su libro “Principio de relatividad” (Cabrera 1923). En las dos primeros capítulos de la obra, Cabrera escribe sobre la mecánica clásica y sus postulados. En el epígrafe 11 del segundo capítulo, Cabrera explica que Hertz aplicó la transformación de Galileo a las ecuaciones del campo electromagnético y que las consecuencias que se derivan están en una flagrante contradicción con los resultados experimentales. Los dos epígrafes siguientes están dedicados a explicar la aparente existencia del éter y de su arrastre por la materia. Cabrera expone en el epígrafe 14 el desarrollo del llamado experimento de Michelson, concluyendo: “... la velocidad de la luz, no obstante el movimiento de la Tierra, es independiente de la dirección en que se determine, resultado cuya interpretación más directa es el arrastre del éter por los cuerpos que en él se mueven, en oposición a los experimentos citados precedentemente” (Cabrera 1923, 75). El siguiente epígrafe está dedicado a otros experimentos que también intentaban evidenciar algún movimiento respecto al éter. De los experimentos de Trouton y Noble, Cabrera dice que “también de aquí, como del experimento de Michelson, es necesario concluir que el éter es arrastrado completamente por la tierra en su movimiento, en contradicción manifiesta con la aberración de la luz y los experimentos de Fizeau y Wilson”(Cabrera 1923, 77).

El último epígrafe de la obra está dedicado al éter. Cabrera trata con maestría el asunto y es capaz de darnos una visión global y clarificadora en apenas dos páginas. Al fin y al cabo, Cabrera intenta dar una visión histórica, pues en el desarrollo común de textos como el que comentamos aparecen procesos de descubrimiento que no suelen ser verdaderos históricamente. Cabrera hace referencia en primer lugar al éter utilizado en óptica a mediados del siglo XIX. Este éter fue sustituido por el de Lorentz, que se reduce al nombre de un sistema de referencia. Con la llegada de la relatividad especial, se tuvo que elegir entre la negación del éter o suponer un número infinito de ellos que llenan simultáneamente el espacio y son absolutamente permeables los unos de los otros. Por último, la relatividad general retoma la cuestión. Al considerar que el campo gravitatorio es una consecuencia de la curvatura del espacio, debe quedar alguna realidad física en el vacío absoluto que responda a las ecuaciones del referido campo. Al fin y al cabo, se crea un nuevo éter. Cabrera añade: “No se trata pues, de la resurrección del primero, que la ciencia del principio restringido sepultó, sino de una nueva creación que el mismo Einstein patrocina sin rectificar su anterior pensamiento” (Cabrera 1923, 302).

José María Plans fue el “tercer pilar” de los relativistas españoles. Ganó el premio ofrecido por la Academia de Ciencias por un trabajo en el que se exponían los “nuevos conceptos de espacio y tiempo”. Más tarde sería publicado como *Nociones fundamentales de mecánica relativista* (Plans 1921). El texto está dedicado

⁵³ La letra cursiva es original del texto de Cabrera.

principalmente a la relatividad especial ya que sólo dos de los nueve capítulos que forman el libro se refieren a la teoría general. Plans consiguió hacer algunas contribuciones originales. A partir de una analogía entre la forma de equilibrio de una cuerda y la trayectoria de un rayo de luz dedujo una fórmula de la deflexión de un rayo luminoso en un campo gravitatorio. Esta deducción era más natural y lógica que la de Einstein (Plans 1920). Además, también debemos señalar que Plans dirigió la tesis doctoral de Puig Adam sobre cuatro problemas de la mecánica de la relatividad especial, realizada en el Laboratorio Matemático de la JAE (Puig Adam 1922).

Parece que el único físico experimental que trabajó en algún aspecto de la relatividad fue Manuel Martínez Risco (1888-1954) que fue catedrático de óptica en Madrid. Usó un interferómetro durante los años 1920. Sin embargo, la publicación de sus resultados se hizo durante su exilio en Francia tras la Guerra Civil Española.

De entre los antirrelativistas españoles, sobresale José Comas Solá. Este astrónomo había realizado importantes trabajos sobre la topografía del planeta Marte, demostrando que los famosos “canales” marcianos decimonónicos eran una ilusión. Comas Solá se puede encuadrar en el grupo de científicos que trató de resolver las contradicciones entre las ideas clásicas sobre la relatividad de los movimientos y la electrodinámica. En vez de cambiar la mecánica aplicando un nuevo principio de relatividad, su camino era intentar construir una electrodinámica y una óptica más perfeccionada. Opinaba que la teoría de Newton sobre la naturaleza de la luz se había abandonado sin agotar todas sus posibilidades. Además, Comas propuso la llamada “hipótesis emisor-ondulatoria”:

[...] siempre admitiendo que los elementos luminosos sigan el movimiento del cuerpo emisor, los efectos físicos, tanto por lo que se refiere al movimiento radial como al lateral, serán los mismos que en la hipótesis de éter; la velocidad de la luz será, en todas direcciones, siempre la misma respecto al cuerpo emisor; pero, para un punto cualquiera del espacio, la velocidad de la luz variará con el movimiento del cuerpo emisor.” (Comas Solá 1919).

Comas pensaba que era imposible probar la existencia del éter desde un punto de vista astronómico y sabía que los experimentos efectuados con interferómetros habían sido negativos. Para Comas, se debía suprimir el éter, como en la relatividad espacial, o suponer que la energía física es emisiva sin perder su carácter de ondulatoria. Llamó “electrones” a las partículas imponderables emitidas que, sin embargo, obedecían a la ley de inercia como si fuesen materia. De esta forma, Comas conseguía que la luz estuviese sometida a las leyes atractivas de Newton, pese a no tener masa. Por lo tanto, Comas no tenía reparos respecto al abandono de la idea de éter frente a su hipótesis “emisor-ondulatoria”. Sin embargo, sabemos que conocía muy bien los escritos de Oliver Lodge (uno de los principales antirrelativistas ingleses). Tanto Lodge como Comas estaban interesados en explicar el espiritismo de una forma racional. De esta forma, Comas estaba en desacuerdo con una teoría puramente física de las vibraciones etéreas, pero creía en una teoría mecánica de los fantasmas en la que las imágenes eran transmitidas del medio a la retina a través del éter por moléculas vibrantes.

Durante la década de 1930, que corresponde en España al periodo de la Segunda República y la triste Guerra Civil Española, el interés de la relatividad en nuestro país fue decayendo debido al auge de la teoría cuántica. La teoría de la relatividad dejaba de ser un punto candente de la física y la mecánica cuántica, especialmente los aspectos

relacionados con la indeterminación, fijaron el interés de científicos, filósofos y curiosos.

Tras el desastre de la Guerra Civil Española, la Junta de Ampliación de Estudios se disolvía por Ley del 24 de noviembre de 1939. Todos sus bienes y centros pasaban a depender del recién creado Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). En física, el CSIC convirtió a la óptica en su principal objeto de investigación.

Hemos de tener en cuenta que hubo varias personas, especialmente ingenieros como Terradas, que mantuvieron su posición social intacta tras la guerra, por lo que podemos seguir viendo trabajos sobre relatividad en la postguerra. Lucini, por ejemplo, publicó un libro de relatividad (Lucini 1966). Sin embargo, las desavenencias del gobierno franquista ante la figura de Einstein se veían plasmadas, por ejemplo, en la reedición del tratado antirrelativista de Félix Apraiz, que había aparecido originalmente en 1921 (Apraiz 1945).

Glick (1986) mostró que los autores antirrelativistas encontraron en la España de la postguerra un entorno favorable para la publicación de sus ideas e hipótesis. Glick propone varios ejemplos. José Casares Roldán, por ejemplo, desarrolló una teoría de arrastre del éter con la firme motivación de reinstaurar el tiempo absoluto (Casares Roldán [1952]).

El ejemplo protagonizado por el profesor Julio Palacios (1891-1970) es, quizás, el más sobresaliente debido al enorme prestigio de dicho físico. Palacios había sido un defensor de la nueva física. Había enseñado relatividad y su discurso sobre la indeterminación ante la Academia de Ciencias fue una defensa de la nueva física en la España de la Segunda República. Sin embargo, Palacios escribió durante el período 1955-1959 algunos artículos de divulgación donde mostraba su desacuerdo con el concepto de simultaneidad de Einstein. La conocida paradoja de los gemelos era el núcleo de su argumentación. En 1960, y como resultado de la formalización de los contenidos de los artículos divulgativos que hemos referido, apareció su libro titulado *Relatividad, una nueva teoría*.

Glick (1986) indica que la recepción de la relatividad en España ilustra la idea de que existió un discurso civil en este país durante el primer tercio del siglo XX:

“En la medida en que el pacto no escrito entre la derecha y la izquierda se mantuvo en vigor, sólo fanáticos clericales irreductibles y sus epígonos seculares consideraron adecuado incluir a Einstein y a la relatividad en la lista de horrores familiares liberales. [...] Cuando la fisura política se hizo más honda al principio de los años 1930, tanto la relatividad como la imagen de Einstein fueron víctimas de la quiebra del discurso civil. La identidad judía de Einstein, por ejemplo, que no había sido cuestión en los años 1920 se convirtió en la década siguiente en un índice de la fisura cada vez más profunda.” (Glick 1986, 301)

1.6.3. Éter en Extremadura: los casos de Mario Roso de Luna y el Cura Mora.

Las materias científicas tuvieron eco en Extremadura a finales del siglo XIX y principios del XX (Cobos Bueno et al. 1998a; Cobos Bueno y Vaquero Martínez, 2001). Esto fue posible, pese a la diáspora intelectual extremeña que se produjo durante este período (Cobos Bueno et al. 1998b), gracias a algunas instituciones (Pérez González

1987). Éstas fueron, entre otras, la Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz, los Institutos de Segunda enseñanza y la Academia Provincial de Ciencias Médicas.

La física, al igual que otras ciencias, tuvo su historia en Extremadura durante este período. Las obras sobre física publicadas en nuestra Comunidad durante los últimos años del siglo XIX y los primeros del XX pueden clasificarse en dos apartados: textos dedicados a la enseñanza y obras de divulgación. El primer libro de texto de esta materia publicado en Extremadura fue una traducción de la obra del francés Mr. Pinaud (1847). Se imprimió en Cáceres en 1847 y su traductor fue Florencio Martín y Castro, doctor en Farmacia y profesor de física en el Instituto pacense. Respecto a los libros de texto, se publicaron en Badajoz buenas obras, como la de Máximo Fuertes Acevedo (1882), que sería director del Instituto de Segunda Enseñanza de Badajoz, y el de Manuel Paz Sabugo (1892), premiado con una medalla de plata en la Exposición Regional Extremeña de 1892. Tampoco debemos olvidar las obras de Enrique Iglesias Ejarque (1894 y 1897) que, aunque no fueron impresas en Extremadura, tendrían influencia en estas tierras debido a su labor como profesor del Instituto pacense. También podemos citar varias obras de divulgación como los folletos meteorológicos, muy curiosos, que se editaron desde la Estación Meteorológica de Badajoz y Valdesevilla (Vaquero Martínez y Gallego Herrezuelo 2000).

La idea del éter también empapó la física que se realizó en Extremadura. Para ilustrar esta afirmación vamos a fijarnos en dos casos pintorescos, curiosos y divertidos, a la vez que diferentes: Mario Roso de Luna y el Cura Mora. Ambos casos sirven de ejemplo de una cierta ignorancia científica y del peligro que supone la publicación de ideas (y disparates) que pueden influenciar a lectores de buena fe y deseosos de conocer ciencia.

La figura de Mario Roso de Luna (Logrosán, Cáceres, 1872 – Madrid, 1931) ha sido estudiada profundamente desde un punto de vista filosófico, teosófico y literario por varios investigadores, resaltando los trabajos de Esteban Cortijo⁵⁴. Sin embargo, las aportaciones científicas de este pensador extremeño son aún desconocidas en gran parte, pese a lo espectacular de su trabajo: descubrimientos a simple vista de cometas y supernovas, aparatos didácticos para la enseñanza de la astronomía, química estelar,... Presentamos aquí (Roso 1910) un artículo donde el éter es el protagonista. En este artículo tan original, Roso de Luna quiere mostrar las consecuencias que para él tiene el tomar como un postulado de la física la existencia del éter. No se trata de un artículo de divulgación sino de una sarta de disparates pseudocientíficos, donde se mezclan “carga etérea”, gravedad, vida, “Padre-Cielo”, etc.:

EL NUEVO LENGUAJE DEL ÉTER

La geometría corriente tiene por base el famoso postulado de Euclides de que “por un punto de un plano puede trazarse una línea paralela á otra y solamente una”.

Nosotros en el presente trabajo querríamos introducir un postulado análogo para la Física diciendo: “admitamos que el éter es algo material, aunque diferente en sus propiedades de lo que tenemos por materia”. Veamos el nuevo lenguaje que entonces resultaría para la ciencia.

Por de pronto el famoso cuadro de vibraciones etéreas de W. Crokes expresaría los diferentes estados de esta materia por el orden en que nos los da la espectrografía.

⁵⁴ Dentro de una abundante bibliografía podemos destacar dos biografías de carácter más general: Cortijo (1982) y Cortijo (1992)

Así la electricidad sería de los primeros, (el sólido como si dijéramos); luego seguirían el calor, la luz, etcétera, por el orden consabido.

El Sol, como fuente de las vibraciones etéreas electricidad, calor, luz, etc., sería un manantial de materia etérea y podríamos expresar el fenómeno que alimenta todos los proteísmos terrestres diciendo: “el sol repele éter”.

Cuando mediante el calor hacemos recorrer sucesivamente á un cuerpo sus estados sólido, líquido y gaseoso, diremos simplemente que incrementamos materia etérea a sus partículas y que “le restamos estas materias cuando le hacemos pasar por los estados inversos”.

El fenómeno de la Tierra irradiando calor á los espacios lo expresaremos diciendo también que “la Tierra repele materia etérea”. Por la misma razón los cuerpos vivos irradiando calor diríamos que repelen éter.

Si consideramos la materia etérea en el estado más denso llamado eléctrico tendríamos que adjudicar á la Tierra un grado determinado de carga eléctrica. Los cuerpos que la tuviesen inferior serían atraídos; los que la tuviesen superior, repelidos, según las leyes conocidas de los dos fluídos. Por eso tal vez caen los sólidos, y se elevan los gases.

Un sólido tendría menos carga etérea y sería atraído por la Tierra, un gas tendría mayor carga y sería repelido. Los planetas de menor carga etérea serían atraídos por el Sol y la luz de éste, como mayor carga etérea, repelida.

El problema de la caída de los cuerpos sería función de las cargas etéreas de los mismos. Los sólidos en el vacío caerían á la vez independientemente de su forma y densidad como vemos en el tubo neumático. La presencia del aire aportaría una modificación. En efecto, alrededor de la Tierra podríamos imaginar una serie de capas aéreas simbolizadas por una serie de círculos concéntricos empezando al interior por la serie electronegativa y continuando, de un modo ascendente, por la serie electropositiva.

Las primeras, como negativas, serían atraídas; la tercera yacería en equilibrio y las sucesivas sentirían repulsión. A partir, pues, de la tercera, la atmósfera no podrá existir. Tal vez sea ésta la causa de que ella sea limitada, según la ciencia afirma.

En el ejemplo, un cuerpo de menor carga etérea que la capa -4 (un sólido cuya carga fuese igual á-8) caería hasta tocar en la superficie. Un cuerpo de mayor carga (el H por ejemplo) ascendería hasta su capa respectiva. Toda materia etérea sería repelida por la Tierra y en general por todos los astros en forma de fuerza física. Esta repulsión es la estudiada por Poincaré como fuerza repulsiva de la luz.

El caso, por ejemplo, de la Tierra y del Sol, sería análogo al de dos átomos unidos en la molécula. Su carga etérea diferente tendería á unirlos ya en una sola masa, por la fuerza que hasta aquí se ha llamado atractiva y de afinidad. Al ser, sin embargo, fuentes de materia etérea, les sujetaría á una acción repulsiva y de aquí nacería su equilibrio.

Sólo en función de las cargas etéreas podrá explicarse que Saturno, que es de menor densidad que Urano y Neptuno, esté, sin embargo, más próximo al Sol que éstos.

Incrementando materia etérea (temperatura, electrolisis) es como resolvemos los edificios materiales en otros más simples.

Un cuerpo sería tanto más denso cuanto menos carga etérea contuviese.

La vibración radioactiva descarga á un electroscope, porque repele éter, el cual carga de materia etérea á la lámina electrizada negativamente hasta igualar su carga

con la positiva terrestre. El resto de la materia irradiada se pierde en el ambiente, igual que el calor, la luz, etcétera.

Cuando frotamos un cuerpo para electrizarle la acción mecánica del roce separa las dos electricidades, es decir, se separa la materia etérea por ley de densidades (?). Si el cuerpo frotado es vidrio se carga de la positiva y de la negativa si es resinoso.

Si cuanto llevamos dicho fuera cierto, deberían advertirse cambios de peso en los cuerpos electrizados. ¿Cómo es que no sucede así? Tal vez porque la electrización por influencia determina una compensación.

Las electricidades que generamos en los gabinetes están por bajo, todas, de la carga eléctrica del planeta; así igual la vítrea que la resinosa son negativas, aunque de valores hartó diferentes v. gr. de (-3) y (-7) .

Un cuerpo en estado neutro, tiene, por ejemplo, un valor eléctrico de (-5) por comparación con la Tierra. Una vez electrizado ejerce sobre el ambiente que le rodea una influencia. Es decir, que el cuerpo gravífico no sería propiamente el material (del círculo pequeño) sino de él y de su ambiente inducido con lo que se compensaría.

Entre el cuerpo y su atmósfera etérea, habríamos pues, introducido una disparidad de densidades; habríamos despertado dos estados etéreos distintos dentro y fuera de su materia grosera.

Con la electrización lo que hacemos, pues, es despertar potencialidades dormidas entre el cuerpo y su ambiente. Bajo este punto de vista los astros todos son cuerpos eléctricos (que es el supuesto que nos guía). Entre ellos y los seres de su superficie, hay una acción de recíproca influencia, que en las moléculas de los cuerpos neutros yace adormecida porque está en equilibrio, el cual es roto por la vibración mecánica (incorporación de materia etérea en grados ínfimos). El movimiento desarrolla calor y el calor electricidad. El movimiento es presión y la presión es algo en razón inversa de la temperatura, porque contaría los efectos repulsivos de ésta al aproximar los cuerpos á distancias menores de las que exige su previo equilibrio. Con la presión y la temperatura alteramos un equilibrio que es terrestre, empleando una fuerza que, como nacida de la vida, proviene mediatamente del Sol respecto de cuya carga la Tierra tiene electricidad negativa (menos materia etérea en el lenguaje nuestro). Ejemplo:

Carga etérea del espacio sidéreo.....	= 1.000
» » del Sol.....	= 100
» » de la Tierra.....	= 10
» » de un cuerpo neutro.....	= 1
» » » » electrizado positivamente.....	= 5
» » » » » positivamente.....	= -4

En el ejemplo, el cuerpo positivo tiene más materia eléctrica que el negativo. La electrización es, pues, un medio de obtener materia etérea y de manejarla. Los efectos de la electricidad son reacciones del éter. La electrología es química del éter. Los cuerpos químicos son función de la materia etérea.

Esto puede relacionarse con los estados de conciencia del hombre en el sueño y en la vigilia.

Nuestras electrificaciones positivas jamás alcanzan el valor de la carga de la Tierra. Si la alcanzasen, la acción de la gravedad sería destruída. Las negativas jamás llegan al 0 absoluto.

Todos los cuerpos tienen atmósfera de materia etérea, puesto que desprenden ó absorben calor. Antes del cero absoluto son sólidos todos los cuerpos simples.

La desigual capacidad calorífica (propia de las sustancias heterogéneas) es la que desarrolla electricidad en las pilas termoeléctricas. Porque en cuerpos homogéneos tienen todas las moléculas igual capacidad para saturarse de materia etérea y no la tienen las moléculas en las heterogéneas.

El espacio sidéreo es un plenum de materia etérea que recibe la vibración inicial de orígenes desconocidos y la trasmite á los astros de materia grosera que flotan en su seno. El Padre–Cielo es como el mar cerúleo en el que flota la materia de los soles

Presupuesto el carácter de la materia grosera como una ulterior condensación de la materia–etérea , se comprende cómo las cargas etéreas están en razón inversa de aquélla. Así es como puede ser verdad la ley de Dulong y Petit. Así el espacio carece de materia tangible; ésta es ya densa en el Sol, y aún más en la Tierra.

Cuerpos como los meteoritos, de metales muy densos, están casi desprovistos de calor específico ó sea de materia etérea. Ellos no entretienen vida[.]

La vida está ligada de un modo notable con la materia etérea. En los meteoritos es nula; en la Tierra existe y en el Sol (exista ella ó no) tiene su fuente.

El estado sexual–eléctrico es transitorio, pues que es destruído tan luego como el valor positivo alcanza al de la Tierra. El calorífico no. Las auroras polares son una descarga de estos valores positivos divorciados en definitiva de los cuerpos que los producen. El Sol entretiene al magnetismo terrestre.

Un nuevo horizonte se dibuja, pues, en la ciencia de la física. La Química del éter será nuestra futura Física y no hablaremos hoy de los misteriosos fenómenos de la radioactividad, porque ellos por sí solo capítulo aparte merece.

M. ROSO DE LUNA.

Respecto a José García Mora (más conocido como el Cura Mora), su libro titulado *Apuntes sobre física y otras materias* (García Mora 1909) sobresale por su extrañeza y especialmente por su anacronismo. La obra tiene como portada: *Apuntes sobre física y otras materias. Aplicación de los principios de física y mecánica a la industria y a las artes. Entretenimientos de D. José García Mora Presbítero, Párroco del Salvador de Plasencia, provincia de Cáceres durante la suspensión del ejercicio de su Ministerio.* Está impreso en Plasencia por Imprenta y Encuadernación de M. Ramos en 1909. En sus páginas podemos leer multitud de curiosidades e ideas del autor sobre la física. Aunque posteriormente insistiremos sobre la cuestión, diremos que los temas que más se desarrollan en este libro durante sus cuarenta y nueve capítulos son la defensa del *horror vacui*, la física recreativa y la vuelta a los clásicos, aunque el desarrollo del texto es desordenado en general. De igual manera hay algunos capítulos que tratan sobre teología, lenguaje o filosofía. En las siguientes líneas intentaremos analizar y valorar este texto tan extravagante. Las citas de García Mora serán una gran herramienta para la valoración de esta obra, así como para comprender cómo en 1909, cuando la revolución científica ya ha comenzado debido a la física cuántica y relativista, se defienden ideas que la ciencia oficial ya ha abandonado desde hace siglos.

La biografía de José García Mora es difícil de resumir, pero merece la pena conocer los hechos más importantes. Nació en Plasencia (Cáceres) el día 21 de abril de 1829. En el Seminario Diocesano y Conciliar de esta ciudad estudió Latinidad y Filosofía. Amplió estudios en Valladolid y Salamanca, donde obtuvo los doctorados en Sagrada Teología y

en Derecho Canónico. Tras sus estudios, vive en el Piornal y Villanueva de la Vera, pueblos de la provincia de Cáceres, ejerciendo como párroco.

Aunque en un principio atacó a demócratas y liberales, cambió rápidamente de actitud, lo que le supuso continuos e intensos conflictos con la autoridad eclesiástica. Algunas obras suyas son: *La verdad religiosa* (Barcelona, Heredero de Pablo Riera, 1864), *Retrato y dirección de autoridad del hombre* (Madrid, Alejandro Gómez Fuentenebro, 1864), *El principio de autoridad vindicado* (Barcelona, Heredero de Pablo Riera, 1865), *Diario de un párroco de aldea* (Madrid, Compañía de impresores y libreros del Reino, 1865), *Los huérfanos de Estremadura* (Madrid, Nuñez Amor, 1865), *Consideraciones sociales y políticas sobre las antiguas instituciones, Cortes y Hermandades de Castilla* (1865), *Don Íntegro o el Nuevo Quijote de Barcelona* (Plasencia, J. Hontiveros, 1885). Otra faceta que ejerció fue el periodismo. Así, fue colaborador habitual del periódico *El Cantón Extremeño*. Sin embargo, su principal aportación al periodismo extremeño fue la fundación del semanario *Los Neos sin careta*. Se trataba de un periódico satírico y religioso-político, según los subtítulos de su cabecera. Su primer número tiene por fecha el 16 de abril de 1870. El último, el número veinte, salió el 27 de agosto del mismo año. Finalmente, José García Mora falleció a los 81 años en la ciudad de Plasencia el día 6 de octubre de 1910, un año después de publicar su obra sobre física (Blázquez Yáñez 1983).

Dos hechos contribuyen fuertemente en el pensamiento de García Mora. Su formación se llevó a cabo en un ambiente tradicionalista: ya se ha dicho que era doctor en teología y derecho canónico, en un momento que según opinión de José M^a Gómez-Heras: “En España e Italia ... las facultades de teología y filosofía languidecían entre intentos modestos de escolástica decadente y eclecticismo” (Gómez-Heras 1975). Y por otro lado fue autodidacta en ciencias físicas, como él mismo reconoce en el prólogo de la obra. La otra contribución al pensamiento de García Mora son las ideas que circularon en España durante el siglo XIX. Además de las ideas ilustradas, la introducción del eclecticismo francés comienza en la década de los cuarenta y en los cincuenta el krausismo, el hegelianismo y las ideas materialistas. Sólo desde estas dos influencias podemos comprender la obra científica de este autor y la de diversos personajes coetáneos. Entre ellos podemos descubrir ciertas analogías.

Uno de ellos es Jaime Almera (San Juan Vilasar, 1845–Barcelona, 1919), sacerdote y autor de varios textos científicos. Sus primeras obras, como un libro sobre cosmogonía y geología “considerada a la luz de la religión revelada de los últimos adelantos científicos” (Almera 1878), tienen ciertas características comunes a la obra de García Mora. También podemos citar a Salvador Bodí i Congrós (Cullera, Valencia, 1814–Carcaixent, Valencia, 1884) que redactó un manuscrito que se conserva en la Universidad de Valencia con diversas teorías atmosféricas propias y una importante serie de observaciones meteorológicas (Bodí i Congrós 1986). Era sacerdote y autodidacta en materias científicas al igual que García Mora. Sus observaciones meteorológicas eran fruto sólo de su curiosidad y espíritu investigador. De una manera similar se expresa García Mora en el prólogo de su obra sobre física:

“PRÓLOGO

Fuera de las materias de Física en que existe asentimiento universal, efecto de una constante experiencia; hay otras en que aparece la mayor discordancia de opiniones. Sería arrogancia temeraria disentir de aquellos principios físicos que constituyen, por decirlo así, el dogma de esta ciencia. Pero también es una sumisión servil,

adoptar sin examen, alguna de aquellas libres opiniones, sólo porque la profesan determinados autores.

Como aficionado a esta clase de estudios, me considero con el mismo derecho que los demás a emitir mi humilde opinión en las cuestiones sobre las que la ciencia no ha dictado auto definitivo. Aunque ejercito ese derecho con temor y a instancias de personas competentes. En estas declino la responsabilidad de los errores.

Defiendo la resistencia de la Naturaleza al vacío, respetando, a la vez, a la presión atmosférica en la esfera de su actividad.

Aquella resistencia y esta presión, son dos verdades físicas que no pugnan, ni se oponen, sino que *concurren* a obrar los efectos que se atribuyen *exclusivamente* a la presión atmosférica.

Sólo que allí donde concluye la potencia de la presión para obrar el efecto, continúa aquella resistencia al vacío ejerciendo la suya más poderosa para lograrlo.

De esto me convencieron los innumerables efectos físicos que para realizarlos, no basta la presión atmosférica. Porque esos efectos están muy por encima de las leyes que regularizan esta presión.

Entonces sospeché, que en esto intervenía, *concurriendo*, algún agente más poderoso que la presión. Y me persuado haberle hallado en la imposibilidad del vacío, y en la gran fuerza de atracción del mismo.

Después la noticia de los ferrocarriles atmosféricos, que al principio llamaron más exactamente de *vacío*, pues sin este no pueden funcionar, el moderno correo atmosférico, la máquina de acuñar del Brasil; y, sobre todo, el sistema de extracción de materiales en una mina de hulla, de Espinac (Francia), para cuyas operaciones no alcanza, ni con mucho, la fuerza de la presión atmosférica, me han confirmado en mi opinión.

No vengo a dar lecciones a nadie, y mucho menos a los Físicos. Ridícula jactancia sería en uno que ni siquiera ha sido discípulo, dar lecciones a los maestros.

De estas mismas leyes y principios establecidos por ellos deduzco consecuencias aplicables a la industria y a las artes; y nada más.

Los versados en la ciencia física verán si esas consecuencias están bien o mal deducidas. Si bien, que las utilicen. Si mal, que las desechen.

Del texto se desprenderá lo que expreso como Tesis, y lo que aduzco solamente como hipótesis, conjeturas, o paradojas; no obstante que procuraré advertirlo en sus lugares respectivos.

Tal vez se extrañarán estos ensayos literarios en un Eclesiástico, como agenos de su profesión.

Suspenso indefinidamente del ministerio sacerdotal por el R. Prelado, a consecuencia de un pleito jurisdiccional que con él sostuve y se falló a mi favor, mi espíritu investigador no podía estar ocioso, y me trasladé al campo de esa Naturaleza a quién Aristóteles llamaba *Demonia* por lo difícil que es descubrir sus secretos⁵⁵.

No pretendo haberla sorprendido ninguno. Esto se queda para los Científicos.

Aun cuando hubiera acertado en alguna apreciación sobre las diversas y variadas materias de estos ensayos no me jactaría de autor original, sino aplicador de doctrinas preexistentes; aunque algunas postergadas, y otras olvidadas.

Respecto a los variados temas que se incluyen en la obra, nos basta ver el índice de la misma para comprobar cómo los más variopintos hechos de la ciencia forman parte de la física de García Mora:

ÍNDICE

de las materias contenidas en esta obra

Prólogo.

CAPÍTULO PRIMERO.—Reivindicación del vacío.

SEGUNDO.—Ferrocarriles: Locomotora de vacío.

TERCERO.—Del aire y de nuestros aparatos movidos por él.

CUARTO.—Navegación aérea: Globos aerostáticos y su dirección.

QUINTO.—Descenso de los cuerpos graves.

⁵⁵ *Libr. De Presens: per somuum.*

SEXTO.– Molinos de viento.
 SEPTIMO.– Motor reactivo: Turbina neumática.
 OCTAVO.– El hombre puede volar; y en la dirección que guste o necesite.
 NOVENO.– Hidrodinámica: Aparatos hidráulicos sistema reactivo.
 DIEZ.– Acústica.
 ONCE.– De la Electricidad.
 DOCE.– De la Electricidad como trasmisora de la palabra.
 TRECE.– Observaciones sobre la voz Telégrama.
 CATORCE.– Vuelta a la Telegrafía.
 QUINCE.– De la Electricidad como generadora y trasmisora del calor y de la luz.
 Alumbrado eléctrico.
 DIESICEIS.– De la Electrotipía.
 DIECISIETE.– La Fotografía.
 DIECIOCHO.– Mecánica. Dinámica. De la Palanca giratoria montada.
 DIECINUEVE.– De la misma palanca con relación a ella.
 VEINTE.– Barrenos. Herramientas del Cantero.
 VEINTIUNO.– Advertencia a los lectores.
 VEINTIDOS.– Extracción de buques y naufragos. El Reina Regente. Primer tiempo.
 Encuentro del buque.
 VEINTITRES.– ¿Puede el hombre ser animal anfibio?
 VEINTICUATRO.– ¿Es posible la regeneración espontánea?
 VEINTICINCO.– La materia es eterna. El hombre, como materia es también eterno.
 VEINTISEIS.– La Resurrección universal.
 VEINTISIETE.– La Metempsicosis.
 VEINTIOCHO.– Infinidad del espacio.
 VEINTINUEVE.– Infinidad de mundos.
 TREINTA.– Es incierta la magnitud y distancia de los Astros.
 TREINTA Y UNO.– El globo Terráqueo y las estrellas fijas. Hipótesis.
 TREINTA Y DOS.– Errores sobre el rozamiento.
 TREINTA Y CUATRO.– Ventajas de las ruedas fijas al eje de los carruajes.
 Velocípedos. Geometría sublime.
 TREINTA Y CINCO.– Echenobática. Autómatas. Física recreativa. Un criado portero.
 TREINTA Y SEIS.– La paloma de Architos de Tarento y las Aves de Boecio.
 TREINTA Y SIETE.– Otro espectáculo.
 TREINTA Y OCHO.– De la Música teórica y práctica.
 TREINTA Y NUEVE.– Del tránsito de la vida a la muerte.
 CUARENTA.– Sobre un efecto que como otros muchos, se atribuye sólo a la presión atmosférica, debiéndose principalmente a la resistencia del vacío.
 CUARENTA Y UNO.– El tubo de Torricelli y el Vacío.
 CUARENTA Y DOS.– Estado comparativo de la potencia de los diversos motores.
 CUARENTA Y TRES.– Modo de reforzar la potencia de los Motores de vapor y los neumáticos.
 CUARENTA Y CUATRO.– Del movimiento continuo.
 CUARENTA Y CINCO.– De la materia etérea.
 CUARENTA Y SEIS.– De la compresibilidad de los líquidos.
 CUARENTA Y SIETE.– De la porosidad y diafanidad.
 CUARENTA Y OCHO.– Dificultades físicas.
 CUARENTA Y NUEVE.– Vaticinio sobre la luz eléctrica.

Como ya hemos dicho, la tesis fundamental de su obra *Apuntes sobre física y otras materias* es la defensa del *horror vacui*, es decir, de la resistencia de la naturaleza al vacío. No deja de ser sorprendente que se defienda este presupuesto en 1909 una vez comenzada la revolución de la física con la relatividad y las ideas cuánticas. La ciencia oficial había abandonado ya el *horror vacui* en el siglo XVII. Desde entonces, numerosas experiencias que fueron explicadas desde el horror al vacío de la naturaleza lo fueron mediante la presión atmosférica. El proceso de destrucción del mito del horror al vacío es uno de los capítulos más apasionantes de la historia de la física. La única “novedad” que

aporta García Mora reside en que también acepta la presión atmosférica y explica los fenómenos físicos con la ayuda de las dos contribuciones a la vez. Ya Nicolás de Cusa había defendido el peso del aire independientemente del horror vacui. A comienzos del siglo XVII, Galileo admitía que la resistencia al vacío podía tener un límite y señalaba el problema técnico por el cual las bombas de agua no funcionaban por encima de 18 codos (unos diez metros y medio). La pneumática se convierte en ciencia en la segunda mitad del siglo XVII estudiando la naturaleza, peso y presión del aire, así como los efectos que producen. Los aparatos fundamentales que se utilizan para estas investigaciones son el tubo de Torricelli y la bomba de vacío. Torricelli consiguió unir la pneumática con la hidrostática mediante la idea de que nos hallamos en el fondo de un mar de aire. Con Pascal se establece definitivamente la presión del aire atmosférico tras la realización de una experiencia a diversas alturas en el Puy-de-Dôme el 19 de septiembre de 1648.

En el capítulo *Reivindicación del vacío*, primero de la obra, García Mora dice:

“No se comprende cómo no han visto esto [los Físicos]. Su constante preocupación contra el supuesto *horror vacui* les ha ofuscado hasta el punto de no fijarse en que en muchas de estas experiencias, juega un papel más importante la gran atracción del vacío que la presión del aire.

No han observado que apenas hay experimento alguno cuyo efecto pueda atribuirse *sola y exclusivamente* a la presión atmosférica; sino que hay que acudir necesariamente a otra fuerza más poderosa para podernoslo explicar.”

De esta manera intenta explicar diversas experiencias con la máquina neumática y el tubo de Torricelli, además de varios ejemplos propios. Estas explicaciones son de carácter cualitativo y no aparece ninguna fórmula matemática en el desarrollo de la obra.

La concepción de la física que tiene García Mora tiene sus raíces en los textos clásicos que debió leer durante su formación. Para él, la física es la ciencia que estudia la Naturaleza. Podemos verlo claro tras la lectura de los capítulos veintitrés y veinticuatro titulados respectivamente “*¿Puede el hombre ser animal anfibio?*” y “*¿Es posible la regeneración espontánea?*”. En estos capítulos García Mora no da respuestas a las preguntas formuladas y, principalmente, nos narra hechos curiosos y extraños. Llega incluso a citar teorías evolucionistas y concretamente a Lamarck. Aquí descubrimos especialmente a un García Mora interesado por lo curioso, extraordinario y maravilloso de la Naturaleza.

Aparte de la defensa del *horror vacui* podemos leer otros dislates que nos demuestran las extensas lagunas del autor en materias físicas. Sus conocimientos superficiales en Astronomía los pone de manifiesto en el capítulo treinta, *Es incierta la magnitud y distancia de los Astros*. En este capítulo intenta demostrar que el tamaño y la distancia de los astros que calculan los astrónomos no son fiables, pues para conocer una de estas variables se debe conocer primero otra. García Mora, ante su desconocimiento del tema, nos intenta demostrar en el capítulo siguiente que es irreconciliable el movimiento de la Tierra con la inmovilidad de las estrellas fijas. Llega incluso a decir, descubriendo sus ideas ancladas en siglos anteriores:

“... que se pongan de acuerdo los Titónicos y los Copernicanos.

Lo cierto es que no hay ciencia más difícil que la astronómica. Desde nuestro satélite la luna para arriba no hay ninguna verdad demostrada. Todas son hipótesis, paradojas, conjeturas, pareceres contrarios y cuestiones entre los astrónomos.”

Además, nos intenta convencer en el capítulo treinta y tres que Newton y Descartes no son autores originales y lo copiaron todo de diversos autores clásicos. Con esto último demuestra su escaso conocimiento de los sistemas físicos de estos dos grandes personajes de la ciencia. Las palabras de Newton tan sólo aparecen una vez en toda la obra. Sin embargo, la cita no tiene una relación directa con la física. Aparecen en el capítulo veintiocho que trata sobre la *infinitud del espacio*. García Mora dice así:

“Newtón [sic], con no ser teólogo, ni católico, dice bellamente.
Dios, existiendo siempre, produjo la eternidad. Y existiendo en todas partes, formó el espacio. Faltóle sacar la consecuencia: Luego siendo infinita su existencia, el espacio en que existe es infinito.”

Todo parece indicar que García Mora tenía una concepción atómica de la materia. En el capítulo treinta y cuatro, hablando del cálculo infinitesimal, nos dice:

“Esto se parece mucho a la división infinita de la materia la cual es una verdad físico–matemática. Por que la división, por mucho que se apure, nunca llega a aniquilar la materia. Y mientras esta no se aniquile, es divisible *mentalmente*, aunque no lo sea *físicamente* por lo diminutísimo de los átomos”.

García Mora nos habla de la imposibilidad del movimiento continuo en el capítulo cuarenta y cuatro. Esta aseveración es equivalente a las leyes de la Termodinámica (imposibilidad de los móviles perpetuos de primera y segunda especie), enunciadas a mediados del siglo XIX. Estas se fueron introduciendo en España lentamente durante la segunda mitad de dicho siglo, desplazando la teoría de los fluidos imponderables por la teoría mecánica del calor. Sin embargo, el enfoque de García Mora reside en la oposición al movimiento debido al rozamiento y no utiliza la idea de energía, que fue el concepto globalizador de la física en el siglo XIX. Por esta razón pensamos que no conocía esta rama fundamental de la física.

El capítulo cuarenta y cinco está dedicado a la materia etérea. Nuestro autor se muestra comedido y reconoce la importancia de este tema. Se limita a hacer una serie de preguntas que sitúen al lector en la polémica sobre el éter. Desconocemos si García Mora se daba cuenta realmente de la importancia que el problema del éter tenía en esas fechas. Tras el desarrollo de la electrodinámica y su comparación con la mecánica clásica se hizo necesario, más que nunca, el concepto del éter. A finales del siglo XIX se diseñaron una serie de experiencias destinadas a corroborar la hipótesis del éter. A partir de los resultados negativos en estas experiencias que buscaban el éter se conformó la Teoría de la Relatividad aunque las matemáticas involucradas en dicha teoría se habían desarrollado en el siglo XIX⁵⁶. Reproducimos el texto sobre el éter de García Mora:

CAPITULO 45.

DE LA MATERIA ETEREA

Ante todo, es innecesario advertir que no hablamos aquí de ese licor ligerísimo y volátil de la Química.
Cuestión es esta digna por su importancia y trascendencia en la Física, de que se ocupen de ella los versados en esta ciencia.

⁵⁶ Un extremeño que se distinguió en este campo de la Matemática fue Ventura Reyes Prósper (Cobos Bueno 1994 y 1995).

Hasta los tiempos modernos vacilaron mucho los Físicos. Unos admitían esa materia, otros no. Y entre estos figura Mosscheubrock, que la llamó *pura quimera*, y Feijoo *quisicosas*.

Hoy los Físicos no dudan de su existencia. Pero no están conformes en cuanto a la naturaleza, ó esencia, de este agente. Sólo convienen en que es tan sutil que carece enteramente de peso.

¿Ese éter es algún gas ó fluído aeriforme levísimo?

Pues entonces no esta aquí abajo; sino de quince á veinte leguas sobre nosotros ó sea, sobre la última capa admosférica [sic] mas leve, confinando con el vacío interplanetario.

Y, por consiguiente, ninguna influencia puede ejercer esa materia en las teorías y problemas físicos de aquí abajo.

¿Son, acaso, ese éter los átomos de Epicuro, los Corpúsculos de Leucipo, ó sea esa materia sutil, flotante y mezclada con todos los cuerpos de Crisippo, de quien Descartes tomó sus Turbillones?

Pues si ese éter es tan sutil que carece de peso, versa la misma razón que en el supuesto anterior. Es decir. Está necesariamente allá arriba: Ni pueden mezclarse con los cuerpos aquí abajo, ni mucho menos agitarlos en lo que Descartes, en su idioma nativo llamó *Turbiliones*, y en español remolinos.

Hasta las emanaciones de los cuerpos; los gases más ligeros y volátiles; el fuego y la luz son ponderosos, según los experimentos físicos. Y, en esta parte, seguiremos á Feijoo y Musschenbroek que aducen esos experimentos.

De modo, que tampoco puede ser la materia etérea de la misma naturaleza que dichos agentes físicos si aquella es imponderable.

¿Consistirá el éter en una especie de antiperístasis entre los átomos heterogeneos; en una repulsión molecular; en el magnetismo como pensó el P. Regnaut ó en el rechazo de corrientes eléctricas del mismo nombre; cuyas repulsiones tengan en constante agitación á la materia en el espacio?

¿Serán el calórico y el lumínico, que también conmueven la materia y entrañan fuerza motriz? Nadie lo sabe.

* * *

Diremos, de paso, que dudábamos de esa fuerza impulsiva de la luz solar, hasta que nos convencieron de ella los experimentos de Mr. Homberg y Mr. Ductos, individuos de la Real Academia de las ciencias de París.

Si la materia etérea no es, ni consiste, en ninguna de las cosas expresadas, ignoramos completamente lo que es.

Y ¿qué extraño es que se ignore, cuando también se ignora la naturaleza, ó esencia, de los llamados agentes físicos?

De todos modos: Esa materea [sic] no es, ni puede consistir en la teoría de Descartes, porque esa teoría implica manifiesta contradicción con las leyes y principios físicos.

Descartes fue un gran matemático: No hay que dudarlo. Y á esto debió, en parte, su celebridad.

Pero ya escudado en esta fama, pudo verter, á mansalva algunos absurdos filosóficos; como el que los irracionales son meros autómatas; puras máquinas; seres insensibles é impasibles.

Verificándose así aquel apotegma de Iriarte en sus fábulas literarias.

«Llene un autor famoso de disparates un volumen.»

«Y si no le alabáren que me emplumen.» (García Mora 1909, 205-207)

Antonio Zoido se preguntaba: “¿Por qué siendo hombre culto y preparado escribía el Cura Mora tan mal y se expresaba tan chabacanamente y pobremente en sus versos?” (Zoido 1983).

Se desconocen otras obras de carácter “científico” escritas por García Mora. Lo único que se puede mencionar es uno de los tres *Discursos apologéticos* que acompañan en forma de apéndice la obra *Apuntes sobre física*. Estos discursos “fueron proferidos en un ateneo de Madrid por el académico Doctor D. José García Mora párroco de Villanueva de la

Vera (provincia de Cáceres) en el año de 1863” según se lee en la primera página de estos apéndices. El segundo discurso se titula *Influencia del catolicismo en el orden científico* y es, en definitiva, una defensa contra la acusación de que la iglesia católica es una rémora científica.

A lo largo de los *Apuntes sobre física* aparecen numerosas citas de científicos y también de literatos. Para intentar un análisis de las fuentes que usó García Mora para escribir el texto se han contado el número de citas que emplea. El resultado es: Nieremberg (17%), Feijóo (14%), Aristóteles (9%), Lucrecio (6%), Kircher (6%) y los restantes sólo son citados una vez sumando el 48% restante. Es también necesario señalar que la proporción de citas de autores clásicos, incluidos Aristóteles y Lucrecio, ya citados, es muy elevada (29%). Se han contado un total de treinta y cinco citas.

El personaje más citado es Juan Eusebio Nieremberg (Madrid, 1595–1658). Este autor fue profesor de historia natural en el Colegio Imperial de Madrid, quizás la única institución que tuvo actividad científica en gran parte del siglo XVII en España. Escribió *Curiosa filosofía y tesoro de maravillas de la naturaleza* (1630) y su continuación titulada *Oculto filosofía* (1633). Debido al prestigio que tenía como autor católico y de obras religiosas, estos libros llegaron a ser muy populares. En la primera de las obras, *Curiosa filosofía y tesoro de maravillas de la naturaleza*, Nieremberg expone por primera vez en España las ideas de magnetismo de William Gilbert, así como observaciones de trayectorias de cometas y la defensa de la corruptibilidad de los cielos. Las dos obras citadas de Nieremberg son representantes de la literatura sobre curiosidades científicas caracterizada por su interés por lo “extraordinario” y “maravilloso” (López Piñero et al. 1982).

Otro autor muy citado es Benito Jerónimo Feijóo Montenegro (Cademiro, Orense, 1676–Oviedo, 1740), autor de las famosas obras *Theatro crítico universal* (1726–1740) y *Cartas eruditas y curiosas* (1742–1760). La función que desempeñó Feijóo, en el contexto de la ciencia española, fue la de divulgador científico. Este benedictino logró de esta forma la difusión social de los conocimientos científicos e ideas modernas. De igual manera, no debemos olvidar las grandes deficiencias de Feijóo como divulgador. Sus conocimientos científicos estaban bastantes anticuados. Su guía principal en materias físicas y matemáticas era el *Cursus seu mundus mathematicus* (1674) de Dechales, también citados por García Mora. Muchos autores están de acuerdo que gracias a su obra la ciencia europea pudo tener influencia en España. Sin embargo, fue muy criticado por científicos españoles muy competentes, como Jorge Juan (Novelda, 1713–Madrid, 1773), por su superficialidad. Sin duda, García Mora también recoge el interés por lo curioso, sin ahondar en otros planteamientos, de las obras de Feijóo.

Por último, cabe destacar en la obra de García Mora varias citas bíblicas y en especial una muy extraña en el capítulo treinta y ocho, *De la música teórica y práctica*, que resalta entre otras muy curiosas: se trata del *Liki*, uno de los libros canónicos de los chinos, según nos cuenta García Mora en nota a pie de página, que define la música como *expresión e imagen de la tierra con el cielo*.

Tras comprobar las fuentes que utilizó García Mora podemos decir que el texto es fruto de continuas enseñanzas y lecturas anacrónicas. Esta obra se debe encuadrar en el contexto del siglo XIX por varias razones. La primera es que en este período hubo varias obras con características análogas, aunque de desigual interés científico. Así, la obra de Jaime Almera y la serie de observaciones meteorológicas de Salvador Bodí son de gran

interés científico. Sin embargo, las ideas físicas de García Mora y las atmosféricas de Salvador Bodí no lo tienen. La segunda razón viene dada por la considerable edad del autor cuando escribió la obra. Se debe tener en cuenta que García Mora fraguaría las ideas principales que aparecen en este texto en la segunda mitad del siglo XIX. Esta obra nos sirve de referencia para comprender mejor el ambiente científico de sectores tradicionalistas en España. Sirva como ejemplo el hecho de que durante el período absolutista de Fernando VII fueron impuestos para la enseñanza libros de física en latín (Moreno González 1988).

2. Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966)

Del Sol dependen signos todavía más verosímiles, del mismo modo cuando se pone que cuando sale por el lado opuesto. ¡Que su disco no varíe de color al lanzar por primera vez sus rayos sobre los campos, cuando tengas necesidad de un día tranquilo, ni lleve marca alguna, sino que se muestre totalmente liso!

Arato, Phaenomena

2.1. Introducción

El siguiente capítulo está dedicado a la vida y la obra de Pedro Carrasco Garrorena, al que consideramos una figura poco estudiada de la edad de plata de la física española. Han aparecido en los últimos años una considerable cantidad de publicaciones sobre personajes como Echegaray, Blas Cabrera, Esteban Terradas, Miguel Catalán o Julio Palacios. Sin embargo, hasta el inicio de la investigación que se presenta en esta tesis, no había prácticamente referencias a la vida y los trabajos de Carrasco. Solamente por su descubrimiento de una raya espectral en la región del rojo en espectros de la corona solar debería haber llamado la atención de los investigadores de la física española de principios de siglo. Pero tampoco debemos olvidar que Carrasco desempeñó un relevante papel en la historia del Observatorio Astronómico de Madrid, organismo del que sería director en los últimos años de la Segunda República Española. Una nota más del interés que presenta su figura reside en el hecho de que Carrasco participó activamente en el gran impulso que el estudio de la geografía mexicana experimentó a mediados de siglo XX.

La última parte de este capítulo está dedicado a la idea que Carrasco tenía sobre el éter. El hecho de que su libro de texto defendiese el éter en el año 1925, cuando ya había escrito algunos trabajos sobre relatividad, fue la verdadera génesis del trabajo que presenta esta memoria. Este hecho fue el detonante de nuestra investigación sobre el papel del éter en la física española del primer tercio del siglo XX. Pensamos que las ideas de Carrasco presentan unos ricos matices que hacen especialmente interesante un análisis más detenido.

Creo también que debemos reseñar que defendemos el uso de la biografía en la historia de la ciencia. Desde luego, existen muchos tipos de biografías y cualquier aproximación metodológica que hagamos a este estilo literario no tiene por qué ser válido para un estudio de historia de la física. Creemos que las biografías usadas en estudios sobre la ciencia deben cumplir algunas características mínimas (Hankins 1979). En primer lugar, creemos que no se debe separar la vida del biografiado de sus contribuciones científicas. Es muy importante conocer cómo las ideas científicas se desarrollaron en un entorno y en medio de otras ideas, ocupaciones y tareas. En segundo lugar, creemos que también es importante integrar los diferentes aspectos de la vida del sujeto para dar una imagen de conjunto completa y sin estridencias que anulen algunas facetas también interesantes. En último lugar, y aunque parezca obvio, la biografía debe ser leíble e interesante. Es muy fácil rellenar páginas y páginas, por ejemplo, con datos de los diferentes contratos, saltos de escalafón y asignaturas impartidas por Pedro Carrasco. Un texto así, aparte de ser estéticamente muy desgraciado, no aportaría nada especialmente interesante sobre la vida de Pedro Carrasco y mucho menos sobre la física que desarrollaba. La biografía de Carrasco que aquí se presenta intenta cumplir estas mínimas características.

2.2. Los primeros años

El ambiente cultural que se vivió en Badajoz durante el final del siglo XIX, especialmente en los primeros años de la década de los ochenta, ha sorprendido a muchos estudiosos. Instituciones como la Sociedad Económica de Amigos del País, el Instituto Provincial y la Academia Provincial de Ciencias, así como la entrada de las ideas krausistas y el buen momento de la prensa local, renovaron profundamente los elementos culturales de la ciudad de Badajoz.

Pedro Carrasco Garrorena nace en el Badajoz de esta época, concretamente el día 17 de noviembre de 1883 en el número 19 de la calle del Gobernador. Su padre era Cayetano Carrasco Luengo, conserje de la Diputación de Badajoz, natural de Talarrubias (Badajoz). Su madre se llamaba Enriqueta Garrorena Muría y era natural de Valencia. Sus abuelos paternos, Pedro Carrasco y Petra Luengo, habían sido modestos agricultores de Talarrubias. Sin embargo, su abuelo paterno murió antes de que naciese Pedro Carrasco Garrorena. Petra Luengo, viuda, vivía en Badajoz con su hija. Los abuelos maternos, que también residían en Badajoz, eran Ángel Garrorena, fotógrafo natural de Zaragoza, y Josefa Muría, nacida en Benifayet (Zaragoza).

Ángel Garrorena Bernabé, el iniciador de una saga familiar que ha llenado una buena parte de la historia de Badajoz durante el siglo XX, llegó a Badajoz en fecha incierta. Según Muro Castillo (1999), Ángel Garrorena Bernabé tenía un estudio fotográfico en la plaza de la Barceloneta en Barcelona. Desde allí se trasladó a Badajoz, abriendo un estudio en el número 26 de la calle de los Padres. Su hijo Fernando Garrorena Muría (1868–1924), tío de Pedro Carrasco Garrorena, es el fotógrafo más importante que tiene Badajoz en el tránsito del siglo XIX al XX. Su obra ha adquirido una enorme relevancia debido a la calidad de sus composiciones, a sus acabados y a la perfección de los retoques. Los hijos de Fernando Garrorena Muría continuaron la labor fotográfica en Badajoz durante el siglo XX.

La familia de Pedro Carrasco Garrorena fue humilde y numerosa. Sus hermanos fueron Lola, Ángel, Rafael, Emiliano, Rogelio y Ramón. Otros fallecieron a edades tempranas. De todos los hermanos, destacan Pedro, Ángel y Rafael por sus cualidades artísticas y científicas. Ramón y Rogelio, así como su primo Fernando (fotógrafo, ilustrador e hijo de Fernando Garrorena Muría), también heredaron las aptitudes artísticas de la familia, aunque sin alcanzar el renombre de sus otros hermanos. Fernando Garrorena, hijo, se convirtió en una figura indiscutible del ambiente cultural, e incluso tecnológico, de Badajoz ya que fue uno de los introductores del cine en la ciudad (Pulido Corrales 1997) e inventó un procedimiento para el cine de color (Pedraja Muñoz 1980).

Ángel Carrasco Garrorena (Badajoz, 4 de febrero de 1893–Mérida, 23 de marzo de 1960) es uno de los más importantes pintores pacenses del siglo XX. Inició su formación en la Escuela de Artes y Oficios de Badajoz. La Diputación Provincial de Badajoz le concedió una beca para estudiar en la Escuela Central de Pintura de Madrid desde 1913 hasta 1917. Después marchó a París, donde estuvo desde 1919 hasta 1924. Ese año vuelve enfermo a Badajoz. Sus familiares deciden ingresarlo el 17 de julio en el Sanatorio del Carmen, un hospital psiquiátrico de la vecina ciudad de Mérida, donde fallecería 36 años después. Su importante creación artística no supera el centenar de

obras entre dibujos, bocetos y conjuntos de óleos. Al parecer, la parte más importante de su obra se perdió en París. El resto está ahora guardado por familiares, coleccionistas particulares e instituciones públicas (Araya Iglesias 1992).

Rafael Carrasco Garrorena (Badajoz, 28 de septiembre de 1901–16 de diciembre de 1981) siguió los pasos de su hermano Pedro. Acabó el Bachillerato en 1918, marchándose a Madrid para estudiar física. Allí consiguió la licenciatura y el doctorado, ingresando en el Observatorio Astronómico Nacional como astrónomo de entrada interino en junio de 1920. Sus más importantes descubrimientos y publicaciones se enmarcan en el estudio de los cuerpos menores del Sistema Solar. Descubrió el cometa Carrasco 1931V el día 22 de abril de 1932 y el asteroide 1644 Rafita en diciembre de 1935. Durante la Guerra Civil Española estuvo en Valencia y, al finalizar ésta, volvió a Madrid para ocupar su puesto de astrónomo. Sin embargo, sufrió varios meses de cárcel hasta que fue reintegrado a su plaza en el Observatorio Nacional, del que llegaría a ser director en 1952.

Pedro Carrasco estudió el Bachillerato en el Instituto de Segunda Enseñanza de Badajoz. El Instituto había comenzado a funcionar en el año 1845, pasando por una época dorada durante los primeros años de la década de 1880. En esta época surgieron polémicas que se extenderían a toda la ciudad, como la protagonizada por Tomás Romero de Castilla y Fernández Valbuena (Pecellín Lancharro 1987) en torno a las ideas krausistas o como la polémica sobre el darwinismo (Pérez González 1987) donde jugó un papel importante Máximo Fuertes Acevedo. Tanto Romero como Fuertes serían figuras importantes del Instituto de Badajoz y de la publicación periódica *Boletín–Revista del Instituto de Badajoz*, la revista cultural pacense más importante de la época. Gracias a los instrumentos conservados en distintos institutos de enseñanza secundaria de Badajoz, podemos conocer el material científico con que contaba el Instituto a finales del siglo XIX, época en la que fue alumno Pedro Carrasco. Probablemente, el primer telescopio que vio Carrasco fue el que poseía el instituto (un refractor de 70 mm, más que suficiente para iniciarse en la observación astronómica). Lo mismo podemos decir del espectroscopio o de otros aparatos que aún se conservan (Pérez González 1990).

También podemos decir algo sobre el tipo de enseñanza que recibió Carrasco. Investigaciones sobre los contenidos y características de libros de texto y programas sobre física utilizados a finales del siglo XIX y principios del XX han revelado una orientación muy examinadora, como ya hemos señalado en la sección 1.3. Textos y programas debían ser una ayuda para que los alumnos aprobaran una prueba o examen. Este es el caso del *Resumen de Física y nociones de Química* (Santos de Castro 1865). También lo es el *Programa explicado de Física y Química* (López Gómez 1868) o el *Programa de la asignatura de Física y elementos de Química* (Terrasa Gilabert 1873). Juan Terrasa Gilabert dice en el prólogo de esta última obra:

Obra utilísima para que los alumnos aprovechados que desean estudiar con fruto esta asignatura y quedar airosos en los exámenes de curso. [...] Esta obra no dispensa de adquisición del texto que se les señale, ni de asistir a clase. Esta obra le evitará entretenerse en «extractos y apuntes propensos a inexactitudes»

La consecuencia de este tipo de obras es que los alumnos preferían estudiar las definiciones claras, exactas y concisas a reflexionar sobre los fenómenos físicos. En Badajoz se imprimieron algunas obras de este tipo. Debemos resaltar la obra de Manuel

Paz Sabugo *Definiciones, principios y leyes de la física* (Paz Sabugo 1892) ya que, probablemente, fue utilizado por Carrasco. En este texto no se desarrolla ninguna idea. Su principal objeto era ser un recopilatorio de frases para que los alumnos prepararan el examen. Pese a esta limitación, la obra de M. Paz Sabugo contenía información muy actualizada sobre física, llegando a citar, por ejemplo, la ley de Maxwell sobre viscosidad (Vaquero Martínez 1998a).

Vaquero y Cobos (1999) han estudiado y editado otra obra impresa en Badajoz que fomentaba este tipo de enseñanza de la ciencia. Se trata del *Programa de Ciencias Físicas y Naturales* (Blanco Alcántara 1911). Este folleto, además de presentar el programa de la asignatura, contiene un interesante prólogo, así como unas breves nociones de nomenclatura química y unos cuadros de zoología.

Por lo demás, el expediente académico de Pedro Carrasco nos muestra un alumno excepcional¹. En la tabla 2.1, podemos ver las asignaturas que cursó. Excepto en las asignaturas de gimnasia, que figuran como cursadas, obtuvo sobresaliente en todas las materias. El primer examen que realizó en el Instituto fue el de ingreso el día 25 de junio de 1894 (tenía diez años) ante un tribunal formado por los catedráticos F. Franco, E. Sánchez y E. Iglesias. En él obtuvo la calificación de aprobado. Sin embargo, no se matriculó de ninguna asignatura durante el curso académico de 1894-1895, pese a tener aprobado el ingreso en el Instituto. Podemos barajar diferentes hipótesis para explicar esto. Lo más probable es que enfermara durante ese año, aunque también es creíble que su familia no contase con recursos económicos para matricularlo. De todas formas, el 20 de septiembre de 1895 se matricula de sus primeras asignaturas de Bachillerato: 1º de Latín, Geografía y Religión.

Tabla 2.1. Resumen del expediente académico de Pedro Carrasco Garrorena durante sus estudios en el Instituto de Badajoz

Asignaturas del Bachillerato	Matriculado en el Curso	Instituto	Calificación en los Exámenes	Observaciones
Latín y Castellano. 1 ^{er} Curso	1895-1896	Badajoz	Sobresaliente	
Geografía	1895-1896	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Religión. 1 ^{er} Curso	1895-1896	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Latín y Castellano. 2º Curso	1896-1897	Badajoz	Sobresaliente	
Historia de España	1896-1897	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Aritmética y Álgebra	1896-1897	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Francés. 1 ^{er} Curso	1897-1898	Badajoz	Sobresaliente	
Historia Universal	1897-1898	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Geometría y Trigonometría	1897-1898	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Física y Química	1898-1899	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Retórica y Poética	1898-1899	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Francés. 2º Curso	1898-1899	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Gimnástica 1º	1898-1899	Badajoz	Cursada	
Psicología	1899-1900	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Historia Natural	1899-1900	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Agricultura	1899-1900	Badajoz	Sobresaliente	Premio
Gimnástica 2º	1899-1900	Badajoz	Cursada	

¹ Archivo Histórico Provincial de Badajoz (AHPB), sección expedientes de bachillerato del Instituto General y Técnico de Badajoz, legajo 118, expediente 6322.

Hay que destacar del expediente académico de Pedro Carrasco su interés por conseguir “premio” en muchas asignaturas. Para optar a premio había que solicitarlo y presentarse a un examen que corregía un tribunal. En la tabla 2.2 hemos colocado los diferentes premios que consiguió Carrasco, indicando el tema del que tuvo que examinarse así como el tribunal que lo juzgó. Algunos de estos temas, como el de meteorología, nos son útiles para hacernos una idea de la formación científica que recibió Carrasco durante estos primeros años de estudio. Además, gracias a estos premios, Pedro Carrasco consiguió cursar el Bachillerato con matrícula gratuita en numerosas asignaturas. También podemos reseñar algunas curiosidades, como que cuando se le concede la matrícula de honor en Historia Universal se dice erróneamente que Pedro Carrasco es natural de Ávila. O, por ejemplo, de su registro antropométrico podemos destacar que era de constitución “débil”, temperamento “bilioso–nervioso” y desarrollo muscular “flojo”.

Sin embargo, Pedro Carrasco no se limitó a ser un distinguido alumno del Instituto de Badajoz. Sabemos que también fue el fundador junto con otros compañeros del Instituto, de una publicación llamada *Pax–Augusta*. Según Pulido Cordero y Nogales Flores (1989), se trataba de una revista quincenal dedicada a la literatura, la ciencia y las artes. Los estudiantes–redactores contaron con el apoyo del impresor Antonio Arqueros. Se publicaron 12 números en el período que va desde julio de 1901 hasta el 30 de diciembre de ese mismo año. En el nº 12 se indica que se deja de publicar por los “deberes y ocupaciones más imperiosos, constantes e imprescindibles” que deben atender los responsables. Existen algunos ejemplares en el archivo privado de Miguel Hurtado en Cáceres. Por otro lado, en una nota que hemos encontrado sobre Pedro Carrasco en el *Boletín del Magisterio Extremeño* (Badajoz, octubre 1904, nº 25, págs. 4–5) se indica que publicó en *Pax–Augusta* trabajos de investigación sobre la Catedral de Badajoz y poesía popular, así como críticas de la obra de Carolina Coronado.

Tabla 2.2. Diferentes premios que consiguió Pedro Carrasco Garrorena durante sus estudios en el Instituto de Badajoz, indicando el tema del que tuvo que examinarse, así como el tribunal que lo juzgó

Asignatura	Tema	Tribunal
Religión y Moral	Iglesia: su definición, notas, propiedades y prerrogativas: estado de cada una de ellas.	T. Romero de Castilla (Pres.) A. González (Vocal) E. Pedrajas (Secretario)
Geografía	Meteorología.	T. Romero de Castilla (Pres.) A. González (Vocal) E. Pedrajas (Secretario)
Álgebra y Aritmética	Resolución de la ecuación de 2º grado, tanto completa como incompleta.	M. Aguas Monreal (Pres.) M. Portillo (Vocal) R. Carapeto (Secretario)
Historia de España	Motivo de la venida de Sertorio a España. Su pensamiento político y sus guerras con los generales de Sila. Muerte de Sertorio: fidelidad de los españoles. Consecuencias de la guerra sertoriana. Papel que desempeña España en la guerra de Cesar y Pompeyo. Era Hispánica: guerras cantábricas. Organización que dio a España. España bajo el Imperio: Césares españoles.	A. González (Presidente) E. Pedraja (Vocal) E. Barbados (Secretario).

Geometría y Trigonometría	Áreas de las figuras planas, rectángulo, paralelogramo, triángulo, trapecio, polígono regular y círculo.	M. Portillo (Presidente) S. Liso (Vocal) R. Carapeto (Secretario)
Historia Universal	Guerras Médicas. Causa general de estas guerras; motivo de la primera. 2ª Fuerzas respectivas de Grecia y Persia: vínculos de la nacionalidad helénica & ...	A. González (Presidente) V. Suárez Quintero (Vocal) F. Barbado (Secretario)
Francés 1º	Conjugación de los verbos Pouvoir, Tenir, Avoir. El 1º en la forma expositiva-negativa; el 2º en la interrogativa, sin negación y 3º en la interrogativa-negativa.	F. Franco (Presidente) A. González (Vocal) V. Suárez Quintero (Secr.)
Francés 2º	Traducción de los párrafos X, XI y XII del trozo: Improvisación de Corina en el capitolio y análisis del 1º de ellos.	T. Romero de Castilla (Pres.) V. Suárez Quintero (Vocal) E. Pedraja (Secretario)
Retórica y Poética	Forma de exposición descriptiva. Descripción en general, clases, reglas y ejemplos. Condiciones de la descripción en la historia y la novela. Narración descriptiva.	F. Franco (Presidente) E. Pedraja (Vocal) J. Nombela y Campos (Secr.)
Física y Química	Péndulo: sus leyes y aplicaciones.	M. Portillo (Presidente) S. Liso (Vocal) R. Carapeto (Secretario)
Agricultura	Abonos.	M. Aguas Monreal (Pres.) M. Dávila (Vocal) R. Carapeto (Secretario)
Historia Natural	Histología. Elementos histológicos. Protoplasma. Célula: su composición y funciones. Asociaciones celulares.	M. Aguas Monreal (Pres.) M. Dávila (Vocal) R. Carapeto (Secretario)
Psicología, Lógica y Filosofía Moral	Fuentes de conocimiento de la Psicología experimental. Necesidad de la observación externa o transcendente y del testimonio de los demás hombres.	T. Romero de Castilla (Pres.) A. González (Vocal) J. Nombela y Campos (Secr.)

El 21 de junio de 1900, Pedro Carrasco solicitó examinarse para optar al premio especial de la sección de Ciencias. Para tal fin, se constituyó el tribunal formado por M. Aguas Monreal (Presidente), S. Liso (Vocal) y R. Carapeto (Secretario). El primer ejercicio consistió en resolver un problema de Física². El segundo ejercicio versó sobre

² Se trata de un problema elemental de mecánica: “Hallar qué fuerza paralela al plano inclinado equilibrará una resistencia de 1200 kg. La longitud del plano es de 6 m. La altura del mismo es de 3’5 m.

===

El plano inclinado es una de las máquinas, que se usan en Mecánica con el fin de favorecer la potencia; ó sea para poder ejecutar trabajos ó vencer resistencias considerables con la menor fuerza posible.

La ley general de equilibrio en las máquinas es $P : R :: r : p$. Ley que tratándose del plano inclinado se interpreta: Potencia es a resistencia como la altura del plano es a su longitud.

Sustituyendo valores, tenemos la siguiente proporción

$$P : R :: a : l$$

$$P : 1200 :: 3'5 : b$$

Y como en toda proporción un extremo es igual al producto de los medios, partido por el otro extremo.

$$P = \frac{1200 \times 3'5}{6}$$

y efectuando operaciones,

$$1200 \times 3'5 = 4200$$

$$4200 : 6 = 700 \text{ resultado final, que satisface el problema.}$$

Badajoz 19 de junio de 1900”

el tema “Insectos que atacan a las plantas cultivadas”. Como era de esperar tras su trayectoria, obtuvo el Premio Extraordinario de Bachillerato. La obtención de este premio llevaba parejo un premio metálico de 250 pesetas, dinero que le sirve para trasladarse a Madrid con el ánimo de estudiar Física. Está claro que este dinero era insuficiente, por lo que al principio alterna los estudios con sus heredadas aptitudes artísticas. Fundamentalmente, pinta retratos al óleo y dibujos para encajes y bordados.

En la sesión plenaria de la Diputación Provincial de Badajoz del 10 de octubre de 1900, se discutió y aprobó una beca para Pedro Carrasco. En los libros de actas podemos leer:

Pensión para que pueda seguir la carrera que se propone emprender el excepcional estudiante D. Pedro Carrasco Garrorena, hijo de esta provincia a condición de que justifique igual aprovechamiento que hasta ahora, 1500 pesetas³.

También figura concedida la pensión, con la misma cantidad, en los años 1901⁴, 1902⁵, 1903⁶ y 1904⁷. La ayuda debe cobrarla puntualmente ya que no aparece en el Libro de Presupuestos de la Diputación de Badajoz en el capítulo de resultados⁸. Carrasco estaba especialmente vinculado a esta institución, ya que su padre trabajaba en ella como conserje. No sería el único de su familia que se beneficiaría de las ayudas de la Diputación ya que ésta ayudó también a su hermano Ángel para marcharse a Madrid, como se dijo anteriormente. Su situación económica se resuelve completamente al ganar por oposición la pensión universitaria instituida por Eduvigis Rodríguez de Cela, viuda del catedrático Dr. Sáenz Díez.

Tabla 2.3. Asignaturas cursadas por Pedro Carrasco Garrorena durante sus estudios de licenciatura en la Universidad Central de Madrid.

Asignaturas	Curso	Calificación
Análisis matemático, 1er Curso	1900-1901	Sobresaliente
Geometría Métrica	1900-1901	Sobresaliente
Química General	1900-1901	Sobresaliente
Dibujo Geométrico y Artístico	1901-1902	Notable
Análisis Matemático, 2º Curso	1901-1902	Sobresaliente con Matrícula de Honor
Geometría Analítica	1901-1902	Sobresaliente con Matrícula de Honor
Física General	1901-1902	Notable
Elementos de Cálculo Infinitesimal	1902-1903	Notable
Cosmografía y Física del Globo	1902-1903	Notable
Acústica y Óptica	1902-1903	Sobresaliente con Matrícula de Honor
Mecánica Racional	1903-1904	Sobresaliente con Matrícula de Honor
Termología	1903-1904	Sobresaliente con Matrícula de Honor
Electricidad y Magnetismo	1903-1904	Sobresaliente con Matrícula de Honor

³ Archivo Diputación Provincial de Badajoz (A.D.P.B.), Libros de Actas de Sesiones Plenarias, año 1900, signatura 3824, capítulo 12, artículo único, fol. 88v.

⁴ A.D.P.B., Libros de Actas de Sesiones Plenarias, Sesión de 10 de octubre de 1901, fol. 74, signatura 3825.

⁵ A.D.P.B., Libros de Actas de Sesiones Plenarias, Sesión de 14 de octubre de 1902, fol. 66, signatura 3825.

⁶ A.D.P.B., Libros de Actas de Sesiones Plenarias, Sesión de 29 de Octubre de 1903, fol. 58v, signatura 3826.

⁷ A.D.P.B., Libros de Actas de Sesiones Plenarias, Sesión de 25 de noviembre de 1904, fol. 64, signatura 3826.

⁸ A.D.P.B., Libro de Presupuestos de la Diputación de Badajoz, año 1901, signatura 1571; 1902, signatura 1572; 1903 signatura 1573; 1904 signatura 1574; 1905 signatura 1575.

Carrasco realizó su carrera de Ciencias Físicas en la Universidad Central durante los años 1900–1904. Hemos extractado su expediente⁹ en la tabla 2.3. Carrasco consiguió durante la carrera 5 matrículas de honor, 3 sobresalientes y 4 notables.

Carrasco se examinó del grado de licenciado el 22 de junio de 1904. El Tribunal que lo examinó estaba constituido por Feliú (presidente), Lozano (vocal) y Álvarez (vocal secretario). Carrasco tuvo que realizar tres ejercicios y obtuvo la calificación de sobresaliente. Unos meses después, el 26 de septiembre concretamente, opositó al premio extraordinario de licenciatura. El tribunal estaba formado por Feliú, Lozano y González Martí. Carrasco fue aislado durante cuatro horas para realizar su ejercicio sobre la “Teoría del potencial electrostático”, tema que le había tocado por sorteo. El tribunal acordó por unanimidad concederle el premio extraordinario de licenciatura.

Durante el curso 1904–1905, Carrasco cursó las asignaturas del doctorado y preparó su tesis doctoral. La tabla 2.4 recoge las asignaturas que cursó y sus calificaciones respectivas.

Tabla 2.4. Asignaturas cursadas por Pedro Carrasco Garrorena durante sus estudios de doctorado en la Universidad Central de Madrid.

Asignaturas	Curso	Calificación
Astronomía Física	1904-1905	Sobresaliente
Meteorología	1904-1905	Sobresaliente
Física Matemática	1904-1905	Sobresaliente

La tesis doctoral de Pedro Carrasco sobresale por su profundidad y enfoque por encima de las tesis doctorales de la época. Estaba dedicada al estudio del poder rotatorio en el cuarzo, un tema clásico de la óptica del XIX. El título de la tesis doctoral fue *El poder rotatorio, como función de la longitud de onda* y, tras su lectura, el texto fue publicado (Carrasco 1906). En las primeras páginas, Carrasco dejó patente su gratitud a la Diputación Provincial de Badajoz por la ayuda económica que había hecho posible sus estudios.

La investigación de doctorado de Pedro Carrasco puede dividirse en dos partes diferenciadas: una experimental y otra teórica. Biot estableció en pleno siglo XIX una ley que indicaba que el poder rotatorio –el ángulo que gira el plano de polarización cuando un cuerpo es atravesado por luz polarizada– es aproximadamente proporcional a la inversa del cuadrado de la longitud de onda. Diferentes autores habían explicado esta ley partiendo de consideraciones teóricas. Otros habían desarrollado técnicas experimentales para verificar la ley en el laboratorio, así como para ofrecer medidas más precisas. El trabajo más importante había sido desarrollado por Soret y Sarasin, que habían propuesto una fórmula empírica del tipo

$$\rho = \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \frac{D}{\lambda^6} + \dots,$$

⁹ Archivo General de la Administración. Sección Educación y Ciencia (en adelante A.G.A. E. y C.), caja 15491.

donde ρ es el poder rotatorio, λ la longitud de onda y $B, C, D, \dots$ unos coeficientes que habían determinado experimentalmente.

En la primera parte de su tesis, Carrasco hizo en primer lugar una revisión de toda la parte experimental del problema. También desarrolló y montó un banco óptico (con piezas de otros equipos incompletos) con los accesorios suficientes para lograr determinar poderes rotatorios de distintas radiaciones visibles. Aquí acaba la primera fase de su investigación y comienza la segunda. Con este conjunto de datos experimentales ya podría haber determinado una fórmula empírica como la de Soret y Sarasin. Sin embargo, Carrasco decide intentar un cálculo teórico del poder rotatorio como función de la longitud de onda, lo cual consigue satisfactoriamente. Carrasco obtiene una expresión del tipo

$$\rho = A\lambda^{-2} - B\lambda^{-3} + C\lambda^{-4} + \dots$$

y determina con datos experimentales (los suyos en el rango visible y los publicados por investigadores extranjeros) los coeficientes $A, B, C, \dots$, incluyendo un análisis de errores experimentales.

El tribunal que juzgó la tesis de Carrasco estuvo constituido por Bartolomé Feliú (presidente), Eduardo Lozano (vocal), Ignacio González Martí (vocal), Blas Cabrera Felipe (vocal) y Antonio Vela (secretario). La calificación de la tesis fue sobresaliente. Esta nota le daba a Carrasco la posibilidad de presentarse al premio extraordinario de doctorado. A estas oposiciones se presentaron Esteban Terradas y Pedro Carrasco Garrorena. El acta académica del evento dice así:

“En Madrid á veinte de Enero de mil novecientos seis, reunidos en el Salón de grados los Doctores D. Eduardo Lozano, D. Francisco Cós y D. Blas Cabrera que componían el Tribunal de las Oposiciones á los Premios extraordinarios del grado de Doctor en Ciencias, en la Sección de Físicas, llamóse a los alumnos que las habían firmado, presentándose D. Esteban Terradas é Illa y D. Pedro Carrasco y Garrorena. Acto continuo procedióse, en sesión pública, al sorteo del tema entre los designados por el Tribunal, resultando elegido el siguiente: “Principio de Carnot. Aplicaciones”. Incomunicados, a continuación los opositores en la forma reglamentaria y entregados sus trabajos al Tribunal, se procedió a la lectura en público de los mismos y al juicio de las respectivas disertaciones, acordándose por unanimidad, haber lugar a la adjudicación de cada uno de los premios á cada uno de los opositores.”

De esta forma, dos de los mejores físicos españoles de principios del XX finalizaban su etapa de formación.

2.3. Pedro Carrasco, Astrónomo (1904-1939)

En 1905, poco antes de terminar sus estudios universitarios, Carrasco ingresó por oposición en el Observatorio Astronómico de Madrid. Probablemente, el primer trabajo en el que Carrasco colaboró con los demás miembros del Observatorio fue la revisión y la composición de las tablas que darían lugar al *Resumen de Observaciones Meteorológicas* que se publicaría en 1906:

“La composición del presente libro, [...], se debe, principalmente, á los Astrónomos D. Carlos Puente y D. Victoriano F. Ascarza, y Auxiliares de este Observatorio D. Gonzalo Reig y D. Pedro Carrasco, que han desempeñado tan molesta y deslucida tarea con asiduidad y paciencia, dignas de elogio por nuestra parte.” (Observatorio de Madrid 1906, XII)

El que en un observatorio astronómico se realizasen trabajos meteorológicos no debe extrañar al lector moderno, pues ambas ciencias no se separarían completamente hasta bien entrado el siglo XX. De hecho, el Observatorio de Madrid estuvo especialmente vinculado con la meteorología en España durante el siglo XIX ya que fue el organismo más importante que estuvo oficialmente a cargo de la meteorología (entre la Dirección de Operaciones Geodésicas de la Junta General de Estadística y el Instituto Central Meteorológico). Por R.O. de 8 de julio de 1904, la actividad meteorológica quedó a cargo del Instituto Central Meteorológico, lo que se llevó a la práctica a partir del 1 de enero de 1906. A partir de esta fecha, las estaciones meteorológicas distribuidas por la península recibían instrucciones del Instituto Central y enviaban a este organismo sus observaciones. Además, el Instituto Central se hizo cargo en 1916 de la publicación de las observaciones meteorológicas realizadas en España durante el período 1901-1905. Estas observaciones no fueron publicadas por el Observatorio de Madrid en su momento, ya que el *Resumen* de las observaciones de los años 1899 y 1900 (Observatorio de Madrid 1906) fue publicado en 1906. Por otro lado, el Observatorio de Madrid continuó realizando las observaciones meteorológicas en Madrid (García de Pedraza y Giménez de la Cuadra 1985). Éstas observaciones meteorológicas eran publicadas en los anuarios del Observatorio. Carrasco siguió vinculado a estos trabajos meteorológicos. Por ejemplo, podemos leer en el Anuario del Observatorio de Madrid para 1911:

“La ordenación del presente resumen, la traducción de los registradores, revisión de pruebas de imprenta, etc., ha estado á cargo de los Auxiliares de este Observatorio, señores Carrasco y Tinoco.” (Observatorio de Madrid 1910, 522)

La espectroscopía astronómica se consolidó como una línea de investigación del Observatorio de Madrid en los primeros años del siglo XX. Antonio Vela, director de la institución durante un buen número de años, llegó a decir sobre esto:

“[...] En aquella época [1905] ya disponíamos de algunos elementos utilizables en espectroscopía y espectrofotografía, y pudimos hacer una observación completa y provechosa de todas las circunstancias del eclipse [total de Sol de 1905]. A partir de aquella fecha el Observatorio de Madrid toma parte activa en el estudio de la física solar [...]” (Vela Ferranz 1920)

Carrasco participó intensamente en la investigación sobre espectroscopía del Observatorio de Madrid. Pasos fundamentales en la vida científica de Carrasco fueron

sus viajes como becario de la Junta de Ampliación de Estudios a importantes observatorios astronómicos europeos durante dos estancias cortas realizadas en los años 1910 y 1911.

La Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) fue fundada en 1907 dentro del espíritu de modernización que suscitó el regeneracionismo tras el desastre español del 98. Sin duda, la creación de la JAE fue una de las acciones más importantes en el ámbito de la promoción de la investigación científica en España. La JAE era una institución autónoma, inspirada en la Institución Libre de Enseñanza y dependiente del Ministerio de Instrucción Pública. Según el R.D. de 22 de enero de 1910, las funciones de la JAE eran: el servicio de ampliación de estudios dentro y fuera de España, las delegaciones en congresos científicos, el servicio de información extranjera y relaciones internacionales en materia de enseñanza, el fomento de trabajos de investigación científica y, por último, la protección de las instituciones educativas en la enseñanza secundaria y superior (Moreno González y Sánchez Ron 1988; Sánchez Ron 1988a).

Pedro Carrasco participó de pleno en este intento de llevar a jóvenes científicos españoles al extranjero. La primera estancia de Pedro Carrasco en el extranjero becada por la Junta fue aprobada por la R. O. del 9 de julio de 1910:

“D. Pedro Carrasco Garrorena, Auxiliar de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central y Auxiliar del Observatorio Astronómico, una de tres meses, desde el 15 de julio, para estudiar aplicaciones de la Espectroscopia á la astronomía en Meudon, París y Potsdam, con 350 pesetas mensuales, 500 para viajes y 150 para material y laboratorios.”¹⁰

Al año siguiente, Carrasco volvería a solicitar una beca de la Junta de Ampliación de Estudios que le sería concedida por R. O. de 30 de abril de 1911:

“8º A D. Pedro Carrasco Garrorena, Auxiliar de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, dos meses, para estudios de Astrofísica en Inglaterra, con 350 pesetas mensuales, 500 para viajes y 200 para matrículas.”¹¹

En la biblioteca central del CSIC se encuentran reunidos con la signatura “JAE” diversos documentos relacionados con la Junta de Ampliación de Estudios. EN su mayoría, se trata de ejemplares manuscritos o mecanografiados de muchos de los trabajos que en su día se presentaron a la Junta en solicitud de pensiones. Estos documentos llegaron a la biblioteca del CSIC en los primeros años de funcionamiento de ésta, aunque no existe documentación actualmente que explique explícitamente su procedencia y cómo se incorporaron a los fondos de la biblioteca. También se sabe que hay algunos trabajos de este tipo en el archivo de Alcalá de Henares. Villaroig et al. (1988) han catalogado los fondos con signatura JAE de la biblioteca central del CSIC. Entre éstos, se encuentra una memoria de Pedro Carrasco titulada *El resalto cóncavo esférico, su teoría, astigmatismo e instalación*, fechada en 1912 (Villaroig et al. 1988, 679). Pensamos que ésta puede ser la memoria entregada a la JAE tras sus visitas al

¹⁰ R.O. de 9 de julio de 1910. Fue publicada en la *Gaceta de Madrid*, núm. 194, del 13 de julio de 1910, en las páginas 251-252.

¹¹ R.O. de 30 de abril de 1911. Fue publicada en la *Gaceta de Madrid*, núm. 133, del 13 de mayo de 1911, en las páginas 450-451.

extranjero.

El eclipse del 17 de abril de 1912 provocó un intenso trabajo por parte del personal del Observatorio Astronómico de Madrid. Este eclipse presentaba un interés especial: los diámetros aparentes del Sol y de la Luna iban a ser prácticamente iguales. Por ello, cuando la Luna se interpusiese entre la Tierra y el Sol, ésta podría ocultar a los observadores totalmente el Sol (eclipse total) o dejar visible el borde solar por ser el diámetro aparente de la Luna algo menor que el diámetro del Sol (eclipse anular). Este hecho provocó un especial interés por parte de los astrónomos que conocían las circunstancias críticas de este eclipse. Para la observación de tan especial eclipse, la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico dispuso que una comisión del Observatorio Astronómico de Madrid se trasladase a la localidad de Cascabelos. Francisco Íñiguez, Director del Observatorio designó a los astrónomos Cos, Aguilar, Carrasco y Tinoco para que formasen dicha comisión.

El cometido de Pedro Carrasco fue la obtención mediante fotografía de espectros cromosféricos, es decir, espectros de la parte externa de la atmósfera solar. Para ello contaba con diversos aparatos que poseía el Observatorio. El instrumental que Carrasco llevó a Cascabelos constaba de una cámara prismática (o espectrógrafo) y un celóstato. La cámara prismática servía para la obtención de fotografías del espectro de la luz que le llegaba de la cromosfera solar. El celóstato recogía la luz del sol y, mediante un sistema de espejos, enviaba la luz a la cámara. Se necesita un celóstato para seguir al sol, ya que éste va moviéndose por el cielo a medida que pasa el tiempo y la cámara está fija en el suelo. Para probar y ajustar sus instrumentos, Carrasco intentó fotografiar espectros estelares desde las instalaciones del Observatorio de Madrid durante el mes que precedió el eclipse. Justo los días anteriores al eclipse, ya en Cascabelos, se obtuvieron los espectros de Sirio y Arturo, dos de las estrellas más brillantes. Los resultados fueron satisfactorios, por lo que quedó definitivamente montada la cámara para el eclipse.

El día del eclipse, Carrasco consiguió cinco exposiciones diferentes durante el máximo del eclipse. Tras el éxito obtenido, Carrasco tuvo que dedicarse a la medida de cada línea espectral que aparecía en sus placas fotográficas. Para ello tuvo que hacer un cálculo preliminar de las líneas que estaban mejor definidas para así poder medir las restantes por comparación. Estudió las líneas que correspondían al espectro de Fraunhofer, conocido ya desde el siglo XIX, y una selección de líneas de las que ya se conocía su naturaleza cromosférica indiscutiblemente. Para esto último, Carrasco tuvo que examinar los trabajos más modernos de los astrofísicos Lockyer, Evershed, Dyson, Frost y Mitchell (Wilkins 1994; Wilkins y Wilson 1997).

Los resultados de sus investigaciones fueron publicados en los años siguientes. Carrasco realizó una especie de “atlas” con todas las líneas del espectro que había conseguido fotografiar. Su trabajo (Carrasco 1913; Carrasco 1915c) es una exhaustiva recopilación donde se tabulan los resultados de la medida y reducción de tres espectros obtenidos durante el eclipse. Las tablas dan información de unas 2000 líneas espectrales cromosféricas. En la primera columna de las tablas se da la longitud de onda calculada (la media de las tres medidas obtenidas al medir los tres espectros disponibles) y en la segunda la intensidad observada. La tercera columna está destinada a las observaciones. En la cuarta columna se encuentra la longitud probable gracias a su identificación y origen químico. Por último, se daba la intensidad de la línea en el sol, la chispa y el

arco.

Además de esto, Carrasco también investigó sobre la verdadera naturaleza del eclipse (Carrasco 1914a). Lo que los astrónomos querían saber era si el eclipse había sido total o anular. Dado que los resultados de las observaciones de la comisión, tanto visuales como fotográficas, no concordaban ni con un eclipse total ni con un eclipse anular, se denomina a este tipo de eclipse perlado. En él, las diferentes formaciones del relieve lunar que se encuentra en el borde de nuestro satélite juegan un papel fundamental.

Aún más importante fue la expedición a Teodosia del Observatorio de Madrid, donde participó Pedro Carrasco para observar el eclipse total del 21 de agosto de 1914. Tras ésta, llegó la proyección internacional del trabajo de Pedro Carrasco. Podemos resaltar seis notas publicadas en la prestigiosa revista *Nature* y relacionadas con los trabajos más importantes de P. Carrasco. Ellas nos ayudan a comprender el gran impacto que tuvieron en la astrofísica de la época las investigaciones de Pedro Carrasco sobre espectrografía de la corona solar, tanto en la parte experimental como en la teórica. Estas notas son:

1. "The Spanish Solar Eclipse Expedition" *Nature* **94**, 2335, December 17 (1914), p. 432 (Sección "Our Astronomical Column").
2. "Some Results of the Recent Eclipse Expeditions" *Nature* **94**, 2356, December 24 (1914), p. 460 (Sección "Our Astronomical Column").
3. "The Solar Eclipse of April 17, 1912" *Nature* **96**, 2392, September 2 (1915), p. 16 (Sección "Our Astronomical Column").
4. "The Total Solar Eclipse, August 21, 1914" *Nature* **96**, 2393, September 9 (1915), p. 51-52 (Sección "Our Astronomical Column").
5. "Academy of Sciences, November 22" *Nature* **96**, 2406, December 9 (1915), p. 417 (Sección "Societies and Academies").
6. "The Structure of the Spectrum of The Solar Corona" *Nature* **96**, 2407, December 16 (1915), p. 438-439 (Sección "Our Astronomical Column").

Estas notas se refieren a los trabajos de espectrografía de la corona solar que P. Carrasco realizó en los eclipses de 1912 y 1914. Durante estos años, las misteriosas líneas corales permanecían como un importante objeto de estudio en la observación de eclipses solares ya que los intentos para hacerlas visibles a la luz del día habían fracasado (Pannekoek 1989). El primer texto hace referencia a una nota de P. Carrasco presentada el 30 de noviembre de 1914 en una sesión de la Academia de Ciencias de París por Bigourdan (Carrasco 1914b). En ella se da la noticia del descubrimiento de una nueva raya en el espectro de la corona solar, concretamente en la región del rojo. El descubrimiento se realizó gracias a una fotografía del espectro de la corona solar realizada durante el eclipse total de sol del 21 de agosto de 1914, que fue observado por la expedición española a Teodosia. Otro de los fenómenos espectroscópicos observados fue la baja intensidad de la región del verde. También en noviembre de 1914, P. Carrasco publicó una nota en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* (Carrasco 1914c) sobre este descubrimiento y unos meses después aparecía otra nota en *Astronomischen Nachrichten* (Carrasco 1915a).

En la segunda nota de *Nature*, se comparan los resultados obtenidos por Carrasco con los de Bosler y Block, astrónomos del Observatorio de Meudon, que se instalaron en Strömsund (Suecia) para observar el eclipse. Ellos también apreciaron tanto la intensa

línea coronal de la región del rojo como la ausencia de la radiación verde en 5303,7 Å. Bosler y Block obtuvieron 6374,5 Å para la longitud de onda de la raya coronal de la región roja, acorde con los 6373,87 Å que determinó Carrasco. En la tercera nota, se comentan dos de los artículos que P. Carrasco publicó en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. Ambos se refieren al eclipse de sol del 17 de abril de 1912 que fue observado por un grupo de astrónomos del Observatorio de Madrid en Cascabelos (León), como vimos anteriormente. El primer artículo (Carrasco 1914a) es una descripción general del eclipse. El segundo (Carrasco 1915c) es un exhaustivo trabajo de medida de 2000 líneas espectrales.

La cuarta nota es una noticia sobre distintas publicaciones que tienen por objeto el eclipse de sol del 21 de agosto de 1914. Aparecen reflejados los trabajos de las observaciones de Benedicks y Fredholm (quienes observaron desde Lundsvall), Mengarini, Ricco y Palazzo (expedición italiana que observó desde Teodosia) y Von Naumann (observó desde Leipsic [sic]). Además, se referencia el artículo que P. Carrasco publica en la *Revista de la Real Academia de Ciencias* sobre la raya roja del espectro de la corona. En la quinta nota que presentamos, se referencia el trabajo que P. Carrasco envió a la Academia de París (Carrasco, 1915b). En él se pone de manifiesto que la raya por él descubierta es la primera de una serie de líneas espectrales. Por último, la sexta nota trata con mayor extensión el artículo citado.

Actualmente, las líneas coroneales se han dividido en cuatro grupos de acuerdo con la energía de ionización, que es la mínima energía requerida para arrancar n electrones de un átomo. Las líneas más representativas de cada grupo son: a) 569,4 nm, Ca XV, 814 eV; b) 530,3 nm, Fe XIV, 355 eV; c) 637,4 nm, Fe X, 235 eV y d) 670,2 nm, Ni XV, 430 eV (Beck et al. 1995). Como vemos, la línea más representativa del tercer grupo es la descubierta por Carrasco en 1914.

La importancia de los descubrimientos de Carrasco hizo que no sólo fuesen citados en las notas de *Nature* que hemos reseñado, sino también en artículos de otros colegas astrónomos. Nicholson, por ejemplo, citó las dos comunicaciones de Carrasco publicados en *Comptes Rendues* en un artículo en 1916. En él podemos leer:

“En el reciente eclipse visible en Rusia, los señores Deslandres y Carrasco obtuvieron independientemente buenas fotografías de una nueva e intensa línea en el rojo, y sus medidas concuerdan en su longitud de onda, que puede tomarse como 6374,5*. Esta línea, como otras, no puede obtenerse de la fórmula que da el espectro de protofluorina pero Carrasco, en una nota reciente**, ha demostrado que ésta es el miembro siguiente de la serie de raíz cúbica ya sugerida.” (Nicholson 1916)¹²

Esta línea de investigación sobre espectroscopía de la corona solar y, en general, la observación de eclipses totales fue abandonada por el personal del Observatorio de Madrid por falta de recursos económicos. Sin duda alguna, muchas personas se dieron cuenta de cómo moría una más que fecunda línea de investigación de la astronomía española, que se había visto favorecida por los numerosos eclipses totales de sol que

¹² El texto original es: “At the recent eclipse visible in Rusia, MM. Deslandres and Carrasco independently obtained good photographs of a new and strong line in the red, and their measurements agree in its wavelength, which may be taken as 6374,5*. This line, like others, cannot be obtained from the formulae which give the protofluorine spectrum, but Carrasco, in a recent note,** has shown that it is the next member of the cube-root series already suggested.”

Los asteriscos simbolizan las llamadas a notas al pie de página de los artículos citados.

pudieron observarse en España desde 1860 hasta 1914. Sobre esto, el propio Antonio Vela y Ferranz, director del Observatorio, dijo ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales durante el discurso inaugural del curso académico 1923-24:

Si se tiene en cuenta que España ha contribuido al progreso de esta interesante y curiosa rama del árbol frondoso de la Ciencia desde la época en que se elaboraban tablas destinadas a facilitar el cálculo de eclipses hasta los observados en el siglo actual; que desempeñó un papel importantísimo en los totales de 1860 y 70 y que en el reciente de 1914 el éxito favoreció en Crimea a nuestra Comisión, que obtuvo por primera vez la raya roja, que parece mostrarse en la época de máximo de manchas, se comprenderá que ha sido una lástima nuestra ausencia en los eclipses de Australia y Méjico. (Vela Ferranz 1923, 29)

Respecto a la falta de financiación de los costosos viajes para observar los eclipses por parte de la Administración, Vela nos indica que no hubo posibilidad de acudir a los eclipses de 1922 que se observaría como total en Australia y de 1923 que se observaría como total en México. Respecto al eclipse de 1922, parece ser que se prometió un crédito para que una comisión del Observatorio de Madrid pudiese desplazarse hasta Australia. Sin embargo, el crédito no llegó a efectuarse. Respecto al eclipse de 1923, la historia parece más rocambolesca. En primer lugar, Vela intentó que hubiese una partida en el presupuesto ordinario del Observatorio para el viaje y observación del eclipse. Esta partida “extra” no fue conseguida, por lo que se intentó pedir a la desesperada dinero para la observación cuando ya apenas había tiempo para prepararla. Así lo expresaba Vela:

En Noviembre de 1921, y con motivo del centenario de Alfonso el Sabio, llamé la atención sobre el [eclipse] que ocurriría en Septiembre de 1922, y aunque la idea de concurrir España a la observación del mismo fue acogida con entusiasmo en altas esferas, el crédito necesario para esta empresa, repetidas veces ofrecido, no llegó a concederse, y tampoco pude conseguir que se incluyera en el Presupuesto actual la cantidad precisa para acudir a la observación del eclipse de Méjico el 10 de Septiembre de 1923, si bien se pidió, contra mi voluntad, un crédito extraordinario de los que nunca se conceden, y cuya tramitación comenzó cuando la Comisión debía estar ya embarcada y provista del material científico indispensable para cumplir su cometido. (Vela Ferranz 1930, 7-8)

Antes que los astrónomos americanos[,] había pensado el Observatorio de Madrid en acudir a Vollal si se nos concedía el crédito necesario. El Director del Observatorio de Perth, Mr. Courlewis, nos dio toda clase de detalles relativos al viaje y a la instalación; pero el crédito se negó cuando ya no había tiempo para cumplir nuestro cometido aun cuando se hubiera concedido. (Vela Ferranz 1930, 29-30)

Por las palabras de Vela, comprobamos que aún se tenían esperanzas en 1923 sobre la continuación de observaciones de eclipses totales de sol, especialmente porque los que ocurrirían los años siguientes se podrían observar desde lugares cercanos a España:

Ya que no ha sido posible la concurrencia de España a estos dos eclipses, preparémonos para asistir a los de 1925, 26 y 27, cuya zona de totalidad, más próxima a nuestra península, exige menores dispendios, y así reanudaremos nuestra interrumpida colaboración en empresas nobles y cultas que tanto ennoblecen a los pueblos que las realizan. (Vela Ferranz 1930, 30)

De hecho, Carrasco se queja de la falta de fondos en una conferencia impartida a la Sociedad Geográfica con el título “Lo que es y debiera ser el Observatorio Astronómico de Madrid”, cuyo resumen apareció en el periódico *El Sol*, el 30 de abril de 1924 en la

página 2. Allí dijo Carrasco:

“[...] pero luchando siempre con la penuria de instrumental científico. Sólo cuando, con motivo de la observación de algunos eclipses notables, se anunció la venida a España de algunas Comisiones de astrónomos extranjeros, deprisa y corriendo, y para no hacer un papel vergonzoso, se mejoró algo la adquisición de material moderno...”

La línea de investigación sobre espectroscopía astronómica del Observatorio de Madrid no fue en absoluto casual. En la fechas del máximo empuje de la investigación realizada en el Observatorio, que podemos tomar como 1914 con el descubrimiento de la raya roja por Carrasco, las revistas astronómicas publicaban ávidas numerosos trabajos espectroscópicos. Las tablas 2.5 y 2.6 muestran los trabajos publicados en la revista *Astrophysical Journal* en los volúmenes 39 y 40 correspondientes a 1914. Vemos que hay un número muy importantes de trabajos dedicados a espectroscopia.

Tabla 2.5. Artículos contenidos en el volumen 39 (1914) de la revista *Astrophysical Journal*.

Autores	Título del artículo
Lyman, Theodore	Victor Schumann
St. John, Charles E.; Ware, L. W.	Tertiary Standards with the Plane Grating, the Testing and Selection of Standards. II
Crew, Henry; McCauley, George V.	Wave-Lengths in the Spectrum of the Calcium Arc in Vacuo
Lee, O. J.	Measures of variable radial velocities of stars
Birge, Raymond T.	The First Deslandres' Group of the Positive Band Spectrum of Nitrogen, Under High Dispersion
Adams, W. S.	Note on the relative intensity at different wavelengths of the spectra of some stars having large and small proper motions
Kayser, H.; Ames, J. S.; Buisson, H.; Paschen, F.	Secondary Standards of Wave-Length International System, in the Arc Spectrum of Iron Adopted by the Solar Union, 1913
Ångström, Anders	Studies of the Nocturnal Radiation to Space. II
Michelson, A. A.	Preliminary Results of Measurements of the Rigidity of the Earth
King, Arthur S.	The Variation with Temperature of the Electric Furnace Spectrum of Titanium
Mitchell, S. A.	The Depth of the Reversing Layer
Wali-Mohammad, Ch.	The Complex Structure of Spectrum Lines
Lemon, Harvey Brace	A Polarization Spectrophotometer Using the Brace Prism
King, Arthur S.; Koch, Peter Paul	An Application of the Registering Micro-Photometer to the Study of Certain Types of Laboratory Spectra
Howell, Janet Tucker	The Fundamental Law of the Grating
Spence, B. J.	The Infra-Red Absorption Spectra of Some Alkaloids
Schlesinger, F.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Curtiss, R. H.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Plaskett, J. S.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Bailey, S. I.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Küstner, F.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Adams, W. S.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Campbell, W. W.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Ludendorff, H.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Belopolsky, A.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Hamy, M.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Hough, S. S.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Frost, Edwin B.	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Hnatek, Adolf	Spectroscopic Binaries under Investigation at Different Institutions
Shook, Glenn A.	A Determination of the Sun's Temperature
Grabowski, L.	On the Theoretical Photometry of Diffuse Reflection

Seares, Frederick H.	Photographic Photometry with the 60-INCH Reflector of the Mount Wilson Solar Observatory
Adams, W. S.; Kohlschutter, A.	The radial velocities of one hundred stars with measured parallaxes
Ångström, A. K.; Kennard, E. H.	Some Pyrheliometric Observations on Mount Whitney
Seares, Frederick H.	The Color of the Faint Stars
Barnes, James	The Spectra of Magnesium, Calcium, and Sodium Vapors
Barnard, E. E.	Visual Observations of Halley's Comet in 1910
Russell, H. N.; Shapley, H.	Elements of the eclipsing variable stars Z Draconis and RT Persei
Ives, Herbert E.	The Illumination-Current Relationship in Potassium Photoelectric Cells
Stebbins, J.	Photometric tests of spectroscopic binaries

Tabla 2.6. Artículos contenidos en el volumen 40 (1914) de la revista *Astrophysical Journal*.

Autores	Título del artículo
Julius, W. H.	Radial Motion in Sun-Spots
Nutting, P. G.	On Brightness and Contrast in Optical Images
Kapteyn, J. C.	On the individual parallaxes of the brighter galactic helium stars in the southern hemisphere, together with considerations on the parallax of stars in general
Plaskett, J. S.	Improvements in the Optical System of the Stellar Spectrograph
Swaim, V. F.	On the Pressure-Shift of the Lines of the Zinc Spectrum at Low Pressures
Lewis, E. P.	The Effect of Sele-Induction on the Nitrogen Bands
Lewis, E. P.	The Ultra-Violet Band of Ammonia
Evershed, J.	Note on Radial Movement in Sun-Spots
Kapteyn, J. C.	Sir David Gill
Barnard, E. E.	Photographic determination of the colors of some of the stars in the cluster M13 (Hercules)
Ives, Herbert E.	Wave-Length Sensibility-Curves of Potassium Photo-Electric Cells
Kapteyn, J. C.	On the Change of Spectrum and Color Index with Distance and Absolute Brightness. Present State of the Question
King, Arthur S.	A Vertical Adaptation of the Rowland Mounting for a Concave Grating
King, Arthur S.	Some Electric Furnace Experiments on the Emission of Enhanced Lines in a Hydrogen Atmosphere
Shapley, Harlow	Intermediate Degrees of Darkening at the Limb of Stellar Disks with an Application to the Orbit of Algol
Livens, G. L.	On the Pressure Displacement of Spectral Lines and Molecular Constitution
Rossi, R.	The Widening of the Hydrogen Lines in the Spark Spectrum
Mees, C. E. Kenneth	MINOR CONTRIBUTIONS AND NOTES: The Effect of Humidity on the Sensitiveness of Photographic Plates
Buisson, H.; Fabry, Ch.; Bourget, H.	An application of interference to the study of the Orion nebula
Barnard, E. E.	Photographic Measures of Saturn and its Rings
Frost, E. B.; Lowater, F.	Stellar wavelength of 4686A and other lines in the spectrum of 10 Lacertae
Ångström, A. K.	The Ångström Compensation-Pyrheliometer and the Pyrheliometric Scale
Russell, H. N.	A short method for determining the orbit of a spectroscopic binary
Adams, W. S.; Pease, F. G.	The spectra of four of the temporary stars
Paulson, Emil	Constant Differences in Line-Spectra
Vorhies, Fred W.	Telescopic Vision of an Illuminated Surface
Douglass, A. E.	A Photographic Periodogram of the Sun-Spot Numbers
Clark, John S.	Wave-Lengths of the Chief Lines of Nitrogen and Oxygen in the Region λ ; 3880 TO λ ; 4700
Kent, Norton A.	Five Lithium Lines and Their Magnetic Separation
St. John, Charles E.	On the Distribution of the Elements in the Solar Atmosphere as Given by Flash Spectra

Saunders, Frederick A.	New “vapor LAMPS,” and Some Preliminary Observations of Their Spectra in the Schumann Region
Adams, W. S.; Kohlschutter, A.	Some spectral criteria for the determination of absolute stellar magnitudes
Shapley, H.	The spectroscopic orbit of RX Herculis determined from three plates with a new photometric orbit and absolute dimensions
Russell, H. N.; Shapley, H.	On the distribution of eclipsing variable stars in space
Fowle, F. E.	Avogadro’s Constant and Atmospheric Transparency
Shapley, H.	New variables in the center of Messier 3
Shapley, Harlow	On the Nature and Cause of Cepheid Variation
Wright, W. H.	The relation between the Wolf-Rayet stars and the planetary nebulae
Albrecht, Sebastian	On Systematic Errors of Stellar Radial Velocities
Perrine, C. D.	MINOR CONTRIBUTIONS AND NOTES: A Simple Method for Determining the Amount of Light Lost in a Stellar Spectrograph

Tras el bloque importante de trabajos sobre espectroscopía, Carrasco se dedicó a investigar en posibles métodos experimentales para determinar la velocidad de la luz, quizás influenciado por la difusión de la relatividad en España. Realizó diversas contribuciones sobre el tema que fueron publicadas en España durante los años 1918 y 1919. El primer escrito de Carrasco sobre relatividad data del año 1916 (Carrasco 1916d), aunque son más importantes los análisis sobre “el estado de la cuestión” que publicó en 1920 (Carrasco, 1920a; Carrasco, 1920b).

Durante las décadas de los 20 y los 30, el trabajo de Carrasco en el Observatorio fue intensísimo, escribiendo numerosos trabajos para publicaciones del Observatorio. En el *Anuario* editado por el Observatorio para el año 1922, Carrasco publica el artículo titulado “El Laboratorio Astrofísico del Observatorio de Madrid” (Carrasco 1921). En él se narra la construcción de un laboratorio astrofísico para el Observatorio. Dicha institución había adquirido en 1911 un espectrógrafo autocolimador de Hilger que no había podido ser instalado de forma adecuada por falta de fondos. Carrasco narra en el artículo el diseño del nuevo edificio, sus características, la disposición de los diferentes instrumentos y los primeros ensayos con el espectrógrafo. En el *Anuario del Observatorio de Madrid para el año 1923*, se incluyó un artículo de Carrasco titulado “Observaciones actinométricas verificadas en San Pedro del Pinatar en julio de 1922”. El trabajo se enmarca en uno de los más interesantes proyectos de investigación del Observatorio de Madrid en el primer tercio del siglo XX: la medida de la constante solar.

La llamada constante solar es la irradiancia solar o flujo de energía que emite el sol. Cualquier intento de calcular la energía que recibe del sol nuestro planeta involucra la medida de dicha cantidad. Durante el siglo XIX y parte del XX se pensó que esta cantidad no variaba, por lo que se le denominó erróneamente constante solar, pues la variación de esta variable era mucho más pequeña que el intervalo de error de las medidas de la época. Así sigue denominándose actualmente. Los primeros intentos para medir lo que hoy llamamos constante solar se realizaron en 1725 por Bouguer y en 1799 por Wollaston. Ambos intentaban comparar el brillo de una llama con el brillo del sol cuando cruzaba el meridiano del lugar. La primera medición cuantitativa la realizó Poulliet en 1837 y Herschel hizo un experimento similar en 1838. Más tarde, gracias a la ley de Stephan-Boltzmann, se pudo establecer la temperatura de la superficie solar. El mayor problema de las medidas radicaba en la corrección debida a la presencia de la atmósfera de la Tierra.

En la época de las medidas de Carrasco, la investigación en radiación solar estaba liderada por un entusiasta grupo de científicos del *Smithsonian Astrophysical Observatory*. Este centro fue fundado por Samuel P. Langley en 1890 y se convirtió en el primer observatorio astronómico que realizó un programa sistemático de observaciones de la radiación solar que llega a la Tierra. Este programa sistemático se inició en 1902 y, a la muerte de Langley en 1906, fue continuado por Charles Abbot. Un factor muy importante para desarrollar esta investigación fue el desarrollo instrumental que se consiguió. Langley construyó un bolómetro que mejoraba cualquier aparato utilizado anteriormente para medir la radiación solar. A este instrumento fueron añadiéndose otros más: piroheliómetros, espectrobolómetros, piranómetros, ... También fue crucial para el desarrollo del programa del Smithsonian la elección cuidadosa de los emplazamiento de los aparatos de medida. Abbot era más que consciente de lo limitado de las medidas al estar afectadas por la presencia de la atmósfera terrestre. Los emplazamientos se eligieron para que la influencia de la atmósfera fuese mínima y se coordinó una red de observación para diferenciar entre las variaciones de radiación debidas a la atmósfera (sólo detectables en una estación) a las debidas al sol (detectables en todas las estaciones). Además, también se colocaron aparatos de medida en globos sonda meteorológicos. Para corregir los efectos atmosféricos, se utilizó un método que necesitaba medidas de la irradiancia para diferentes masas de aire en 34 longitudes de onda diferente. El método resultaba muy laborioso. Por ello, Abbot desarrolló en 1920 un método que denominaría *corto* y que necesitaba muchas menos horas de trabajo.



Figura 2.1. Piroheliómetro usado en el Observatorio Astronómico de Madrid.

En este marco internacional se desenvuelve esta línea de investigación del observatorio y el trabajo de Carrasco. Las observaciones de radiación calorífica solar comenzaron en el Observatorio de Madrid en la primera década del siglo XX, iniciadas por Cos. Ascarza también hizo observaciones en campañas realizadas desde la sierra de Guadarrama. Carrasco pensó que para la colección de observaciones del observatorio sería interesante realizar medidas desde un lugar al nivel del mar. Para ello, Carrasco marchó a la localidad de San Pedro del Pinatar en julio de 1922. Se realizaron medidas de la radiación solar los días 6-9, 12-14, 19-21 y 26 de dicho mes de julio. Con estas medidas, Carrasco obtuvo un valor $1,94 \text{ cal/min}\cdot\text{m}^2$, que a la luz de las medidas actuales resulta un valor muy aceptable.

La puesta a punto de nuevos aparatos y su estudio se convierte en un trabajo habitual de Carrasco en el Observatorio. En el *Anuario del Observatorio de Madrid para el año 1925* se incluyó un trabajo de Carrasco sobre “La nueva ecuatorial Grubb” (Carrasco 1924). Posteriormente, aparece el artículo “Estudio del anteojo meridiano” (Carrasco 1925c) en el *Anuario del Observatorio de Madrid para el año 1926*. En el siguiente número del Anuario, Carrasco publica su “Estudio del objetivo de 40 cm de la ecuatorial de Grubb”. El estudio de las aberraciones de este objetivo se presentó en un trabajo publicado en la *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Carrasco 1927a). Toda esta serie de trabajos finaliza con las publicaciones “Estudio y ajuste de la ecuatorial fotográfica de 40 cm del Observatorio de Madrid” (Carrasco 1927b) y “Sobre la influencia de los errores de instalación y ajuste de una montura ecuatorial, en las observaciones astronómicas” (Carrasco 1928a).



Figura 2.2. Ecuatorial de Grubb del Observatorio Astronómico de Madrid.

En el año 1934, Carrasco es nombrado Director del Observatorio Astronómico de Madrid debido a la defunción de Victoriano Fernández Ascarza, astrónomo que ocupaba el cargo.

2.4. La vida académica

La carrera académica Pedro Carrasco comienza en 1905. En esta fecha, solicita ser admitido a la oposición de Auxiliar de Física Matemática y Termología vacante en la Universidad Central¹³. El 18 de octubre de 1905, el tribunal constituido bajo la presidencia de Bartolomé Feliú y los vocales Lozano, González Martí, Cabrera y Gil acuerdan por unanimidad proponer a Pedro Carrasco como Auxiliar interino de Física Matemática. En esta misma sesión se aprueba la propuesta como Profesor auxiliar interino de Termología y Electricidad y Magnetismo a Esteban Terradas e Illa.

Al quedar vacante en 1910 una auxiliaría por renuncia voluntaria de Antonio Vela y al tener dicha plaza más dotación económica (2.250 pesetas) que la que Carrasco ocupaba en ese momento, Pedro Carrasco solicita su ascenso (siendo el auxiliar más antiguo). Después de los trámites reglamentarios el ministerio le concede esta dotación con fecha 18 de octubre de 1910. En virtud de oposición y propuesta el 30 de noviembre de 1910 se le nombra Auxiliar Numerario del 3º grupo de la Sección de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central (sueldo de 1.500 pesetas). Inmediatamente solicita se le mantenga el sueldo de 2.250 pesetas al cual cree tener derecho por su antigüedad.

Pasan unos años de estudio y trabajo en su auxiliaría, pero la muerte de Echegaray hace que se quede vacante la cátedra de Física Matemática. La Junta de Facultad del 25 de setiembre de 1916 acuerda proponer a Pedro Carrasco para el desempeño de dicha Cátedra. Esta propuesta es aceptada por el Ministerio con fecha 1 de octubre de 1916.

La relación entre Pedro Carrasco y Echegaray debió ser muy buena si tenemos en cuenta que Carrasco escribió textos llenos de halagos al que consideraba como su maestro. Podemos citar varios ejemplos. En enero de 1917, apareció en la sección biográfica de la *Revista de la Sociedad Matemática Española* un escrito firmado por Carrasco sobre Echegaray con frases como “fue un maestro inimitable” o “tales cerebros no son tan frecuentes como pudiera creerse en las Ciencias Físico-Matemáticas (Carrasco 1917, 2-3). Casi diez años después, Carrasco dictó una conferencia sobre el significado de las ecuaciones del campo electromagnético en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid (Carrasco 1926a). La conferencia se inicia recordando a Echegaray, máxime si tenemos en cuenta que Echegaray estaba también muy ligado a dicha Escuela. Otro ejemplo es la participación de Carrasco, en 1932, en la sesión solemne celebrada en la Academia de Ciencias de Madrid para honrar a Echegaray en el primer centenario de su nacimiento. Con los discursos del acto se editó un libro donde figuran las emotivas palabras que Carrasco dirigió a la asistentes (Carrasco 1932).

Pedro Carrasco solicita que se le admita como opositor a la cátedra de Física Matemática el 28 de febrero de 1917¹⁴. A la oposición se presentaron Pedro Carrasco y Vicente Burgaleta, según nos cuenta Enrique de Rafael en un discurso de la sesión

¹³ A.G.A. E. y C. Caja 15407 (todos los datos a partir de este momento son de la caja 15047 mientras no se diga lo contrario).

¹⁴ A.G.A. E. y C. Caja 15491.

necrológica que se celebró por la muerte de Esteban Terradas en la Real Academia de Ciencias (de Rafael 1951, 5). Pedro Carrasco ganaría la oposición. Un sobrino de Pedro Carrasco, Benigno López Carrasco, nos ha manifestado que en su familia siempre se dijo que “el otro opositor” contaba con poderosas influencias, incluida la Casa Real, y la oposición fue muy dura.

Sánchez Ron (1990) analizó el panorama de la física matemática en España de finales del siglo XIX y principios del XX. En dicho se trabajo se analizan los cursos de física matemática que dictó Echegaray, aportaciones de Esteban Terradas, Plans, Rey Pastor y alumnos de éstos. Sin embargo, Carrasco es apenas citado.

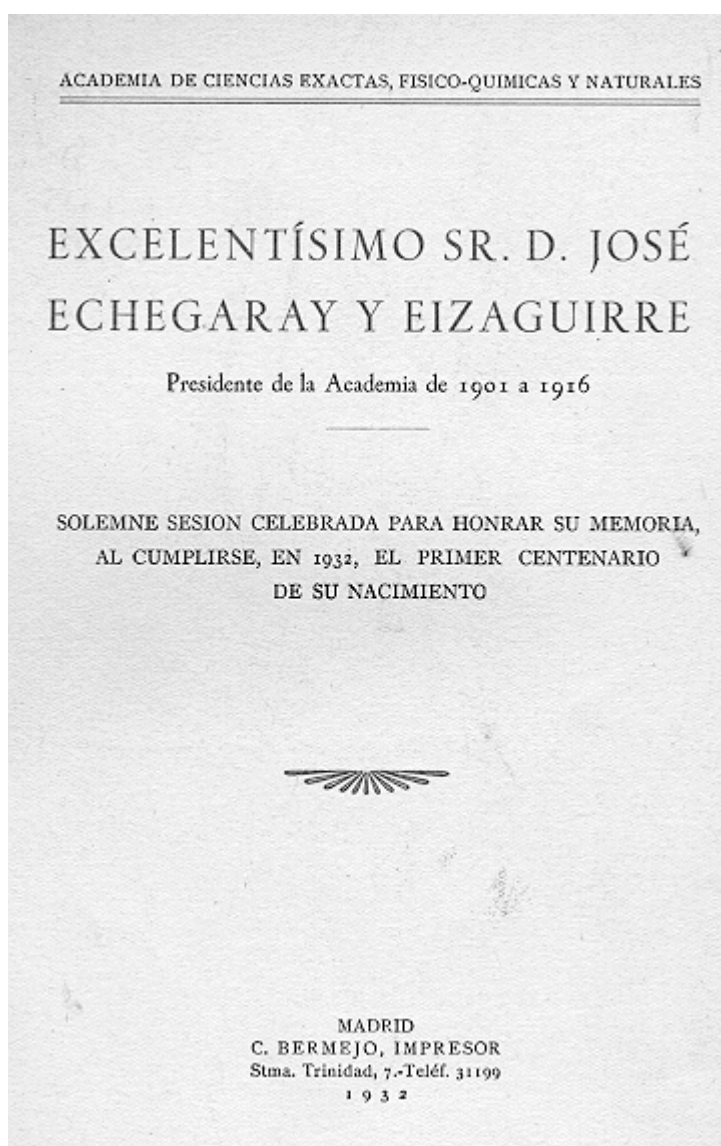


Figura 2.3. Portada del libro editado con motivo de la sesión académica celebrada en conmemoración del primer centenario del nacimiento de José Echegaray.

La vida académica de Carrasco continua. El 25 de octubre de 1920 se le pasa al número 456 del escalafón y se le asigna un sueldo de ocho mil pesetas anuales. El 13 de julio de 1925 se le asciende a la Sección 7ª del escalafón y se le asigna un sueldo de nueve mil

pesetas anuales. El 11 de marzo de 1927 se le concede una gratificación de dos mil pesetas anuales por el desempeño de la Sección 3ª de la Física general. Al morir el catedrático de Astronomía física del doctorado de la Sección de Físicas, Antonio Vela, la Junta de Profesores propone a Pedro Carrasco para que la desempeñe. El Ministerio lo concede con fecha 4 de julio de ojo, recibiendo Pedro Carrasco una gratificación anual de tres mil pesetas. Al entrar en 1929 un nuevo plan de estudios en la Universidad Central a Pedro Carrasco se le acumula una de las Secciones de la asignatura “Complementos de Física” para los alumnos de Farmacia. Con fecha 27 de julio, el Ministerio aprueba la propuesta y le asigna un complemento anual de mil pesetas al ser la clase alterna.



Figura 2.4 y 2.5. Reverso y anverso de la medalla de académico propiedad de Pedro Carrasco Garrorena.

El 11 de diciembre de 1929, Carrasco es nombrado académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. El discurso de recepción versó sobre “La investigación de periodicidades y la actividad solar” (Carrasco 1929b). La contestación del discurso estuvo a cargo de Cecilio Jiménez Rueda. Ésta constituye una breve biografía de Carrasco hasta ese momento.

Carrasco desarrolla una enorme actividad académica. Sus labores y puestos cambian con facilidad y rápidamente. Por R.O. de 13 de Enero de 1931 (Gaceta 9 de febrero), se le asciende a la Sección 7ª del Escalafón y se le asigna un sueldo de diez mil pesetas más mil de aumento. Seis meses después y a propuesta del Rectorado de la Universidad Central, el ministerio aprueba que desempeñe por acumulación la Cátedra de Astronomía Física por R.O de 12 de julio (Gaceta 23 de julio) de 1931. El 1 de diciembre de 1931 se confirma, por el ministerio, a Pedro Carrasco la asignación de mil pesetas por clase alterna de la asignatura (acumulada) Física Teórica y Experimental

(lección alterna) para Farmacia y de tres mil pesetas por acumulación de la Cátedra de Astronomía Física.

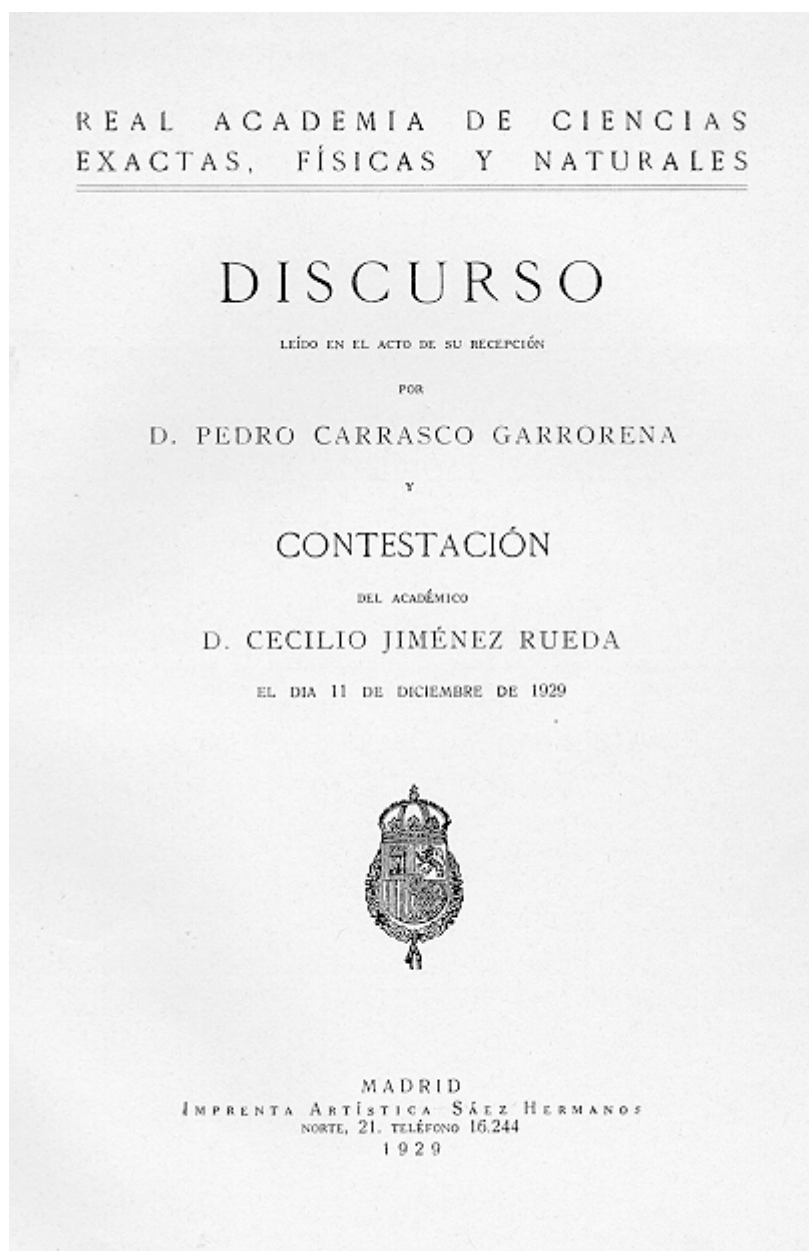


Figura 2.6. Portada del libro editado con motivo del discurso de entrada a la Academia de Ciencias pronunciado por Pedro Carrasco Garrorena en 1929.

Para culminar este año lleno de cambios para Carrasco, el 19 de diciembre de 1931 se celebró la elección para Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central. El acta de dicha reunión dice literalmente:

Acta de la sesión celebrada el día 19 de Diciembre del corriente con objeto de proceder mediante votación a la designación de los Catedráticos cuyos nombres la Facultad de Ciencias eleva a la Superioridad para el nombramiento de Decano de la misma según acuerdo tomado en la Junta de Facultad del día dieciséis de Diciembre. En Madrid a las once horas del día diecinueve de mil novecientos treinta y uno se

procedió en el Decanato de la Facultad a la Constitución de la mesa electoral bajo la presidencia del Decano accidental Don Odón de Buen, con la asistencia del catedrático de la misma José Rioja y actuando como Secretario el Vice-Secretario de la Facultad Don Cipriano Rodrigo Lavín.= La votación se realizó desde las once hasta las trece horas depositando su voto en estas dos horas cuarenta y un votante.= En esta última hora se procedió a realizar el escrutinio por el Sr. Presidente, ante la presencia de diferentes Catedráticos, Profesores y Alumnos cuyo escrutinio dio el siguiente resultado: El Catedrático DON PEDRO CARRASCO GARRORENA obtuvo veinticuatro votos, el Catedrático DON ENRIQUE MOLES ORMELLA dieciséis votos, el Catedrático jubilado DON LUIS OCTAVIO DE TOLEDO un voto.= Y no habiendo manifestaciones en ningún sentido de los presentes se levantó la sesión.

Madrid 19 de Diciembre de 1931.

Se acompaña con tres rúbricas.

A pesar de que en el acta se dice “... no habiendo manifestaciones en ningún sentido de los presentes...”, parece que hubo alguna protesta, al menos oficiosa. El hecho es que en el expediente de Pedro Carrasco, a continuación del acta anterior, figura la siguiente nota escrita a máquina que se transcribe literalmente:

Elecciones Decanato Ciencias Central.

Vicio inicial de nulidad por no estar ninguno de los candidatos incluido en la mitad más antigua del escalafón.

Los auxiliares encargados de cátedra vacante (D. Filiberto Díaz, Sr. Blas A. Álvarez, Sr. Rodríguez Bachiller, Sr. Carrasco D.R.) han emitido voto en calidad de titulares. Esta facultad se la concedió la Junta de gobierno. Estos mismos Sres. han emitido voto como Auxiliares en la reunión celebrada por estos y votaron la mayoría el adjudicar el voto global al Sr. Carrasco (duplicidad de voto).

Los representantes de los alumnos decidieron sin consultar a la directiva de la asociación y por tres votos contra dos, votar en bloque (8 votos) al Sr. Carrasco. Los ausentes han debido constar como votantes (voto por escrito) sin ser consultados.

En la reunión celebrada por los auxiliares se censuró la ausencia sistemática de uno de los representantes de la Sección de C. Exactas. Ante la eventualidad de perder un voto, decidieron que otro auxiliar el Sr. Tinoco emitiera el voto en nombre del ausente.

El escrito no tiene ni membrete ni firma, ni ningún detalle que pueda servirnos para cualquier identificación. Pese a esta nota, el ministerio nombra a Pedro Carrasco Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central con fecha 12 de enero de 1932.

Durante la segunda República, Carrasco seguiría subiendo en el escalafón académico y desempeñando diversos cargos. Así, se le confirma en el desempeño de la Cátedra acumulada de Física Teórica y Experimental (Física General) de Farmacia por Orden de 29 de diciembre de 1932 (Boletín de 14 de enero de 1933). Por orden de 1 de enero de 1933 (Gaceta del 20), se adscribe a la Sección 6ª del Escalafón con el haber anual de once mil pesetas. Por Orden de 23 de noviembre de 1935, se le acumula la Cátedra de Astronomía Física (Sección Físicas) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central con una gratificación anual de tres mil pesetas. Por Orden de 27 de febrero de 1936, se le acumula la cátedra de Física para Farmacia de la facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. El ocho de abril de 1936 se le concede el título de adscripción a la Sección 5ª del Escalafón general de Catedráticos de Universidad con antigüedad de 4 de abril de 1936 y sueldo de doce mil pesetas más mil de aumento.

Un aspecto interesante de la vida universitaria de Carrasco es su preocupación por la enseñanza, algo que se vería aún más claramente durante su exilio en México. Esta preocupación se refleja en las experiencias de cátedra que publicó en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* (Carrasco 1905b; Carrasco 1912c) y en la publicación de un libro de texto (Carrasco 1925a) de física general con modernos contenidos (Vaquero y Santos 2001).

Lo que hace más singular la actitud de Carrasco respecto a la enseñanza de la física es la publicación de estas dos notas sobre experiencias de cátedra aparecidas en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, una de las más importantes revistas especializadas de ese momento. El primer trabajo (Carrasco 1905b) se titula “Composición de vibraciones rectangulares”. En él se describe un sencillo montaje experimental para visualizar las figuras de Lissajoux. Estas figuras, explicadas en cualquier libro de física general, se forman al componer perpendicularmente dos osciladores lineales. Los osciladores que Carrasco describe son dos barras de metal u otro material. El propio Carrasco indica que se pueden utilizar dos largas agujas de hacer punto. Es fácil hacer oscilar linealmente el extremo de una aguja (de manera aproximada para pequeñas amplitudes) si el otro extremo está bien fijado. De esta forma, el esquema experimental básico está compuesto por dos agujas colocadas perpendicularmente. Para visualizar las figuras de Lissajoux, Pedro Carrasco diseñó un montaje sencillo, simple y útil. Como vemos en la figura 2.7, en los extremos libres de las barras o agujas (sujetas por dos soportes) pegamos dos cartones a los que previamente se les ha realizado un recorte en el interior. De esta forma sencilla y genial, al oscilar las dos barras, la intersección libre de los cartones muestra la trayectoria típica de una curva de Lissajoux. Además, este montaje no es sólo una experiencia de cátedra para que los alumnos observen un bonito experimento. Gracias a este sencillo montaje se puede realizar un verdadero sistema de prácticas para que el alumno compruebe qué ocurre con barras de diferentes longitudes y del mismo material, iguales longitudes y distintos materiales y, en definitiva, diversas posibilidades que se estudian en cualquier curso de física general.

El segundo trabajo (Carrasco 1912c) se titula “Determinación de la distancia focal de un espejo cóncavo”. En él, Carrasco describe una práctica habitual expuesta en la mayoría de los libros de texto. Para determinar la distancia focal de un espejo cóncavo existen dos procedimientos habituales. Uno de ellos consiste en utilizar un esferómetro. Este método tiene el grave inconveniente de que este tipo de aparatos son caros y, habitualmente, los que se encuentran en laboratorios de estudiantes son de poca calidad. Además, Carrasco señala ciertas dificultades técnicas: deterioro en el pulimentado del espejo y variación en la curvatura del espejo según sus caras. El otro procedimiento, también clásico, consiste en la determinación de la distancia focal mediante la observación de puntos conjugados. Además, este método puede tener una gran sencillez y precisión en ciertas disposiciones experimentales. Carrasco, precisamente, nos muestra y describe una de estas disposiciones, ofreciendo valores de la precisión del método.

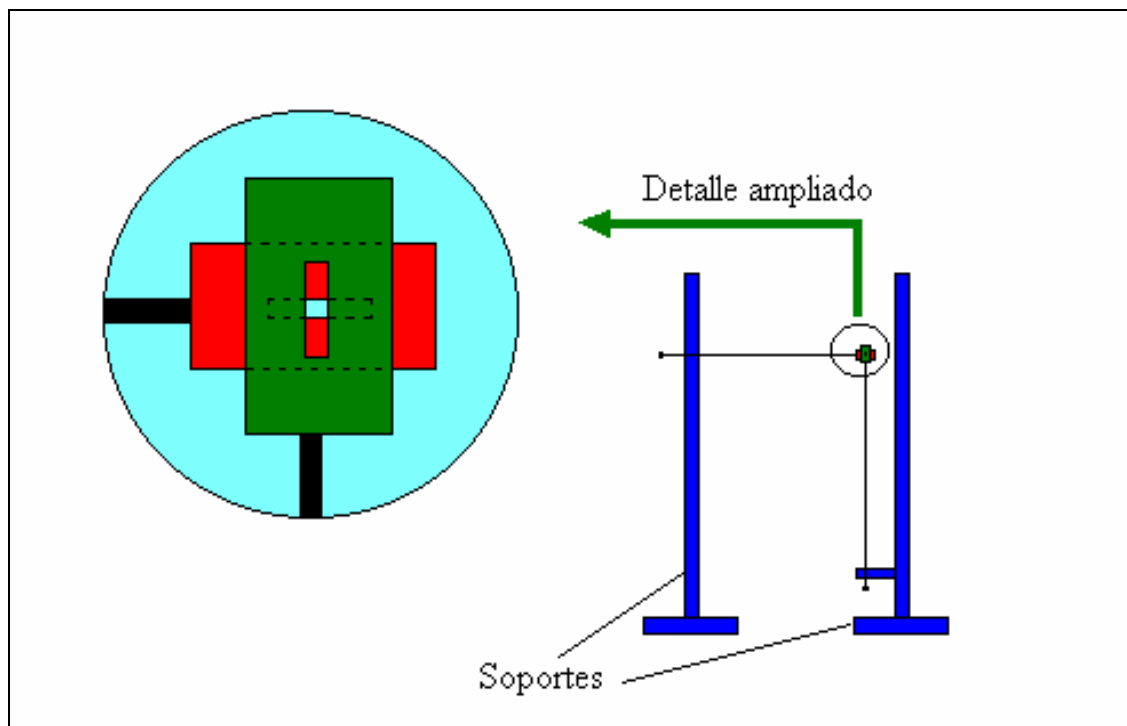


Figura 2.7. Diagrama explicativo del procedimiento experimental ideado por Carrasco para visualizar las figuras de Lissajoux.

Estas dos experiencias son indicadoras del interés que Carrasco tuvo por la docencia en el laboratorio. No en vano, su carrera docente estuvo ligada, especialmente en los primeros años de actividad, a las clases de laboratorio. Otro detalle a tener en cuenta es que los experimentos de Carrasco intentan ser sencillos, especialmente respecto a los materiales. Huye de costosos aparatos (como el esferómetro) o de materiales especiales (propone agujas de punto en vez de barras de ciertas características).

Gracias a los familiares de Pedro Carrasco, disponemos de 15 libretas de notas manuscritas donde aparentemente están recogidos apuntes para preparar las clases que impartiría en la Universidad Central. Un extracto del contenido de las libretas puede verse en el apéndice de esta memoria.

Otra faceta de Carrasco es la de colaborador de la famosa Enciclopedia Espasa. En el tomo publicado en 1923, aparece en la página 3 junto a una larga lista de colaboradores, aunque hasta el momento desconocemos los artículos que pudo escribir.

2.5. Badajoz y relación con Extremadura.

Carrasco jamás abandonó su relación con Extremadura. Hemos de tener en cuenta que gran parte de su familia residía en Badajoz. La trayectoria académica de Carrasco fue seguida por la *Revista de Extremadura*, quizás la revista cultural extremeña más importante de los primeros años del siglo XX. Podemos leer, por ejemplo, en la “crónica regional” de esta publicación una noticia sobre la terminación de la carrera de física de Carrasco¹⁵. Un texto suyo, en forma de carta dirigida al impresor pacense Antonio Arqueros, fue publicado en la revista *Archivo Extremeño* (Carrasco 1908). A. Arqueros debía conocer bien a Carrasco ya que fue el impresor de *Pax-Augusta*, la publicación periódica que Carrasco fundó y dirigió en 1901. Arqueros pidió a Carrasco una contribución para el *Archivo Extremeño* según se desprende del artículo que se publicó (Carrasco 1908). Éste tiene un carácter divulgativo y popular. Carrasco brinda a los lectores “un rato de cháchara amistosa”. El motivo central del artículo es una defensa del concepto de infinito, llegando Carrasco a decir que cree en la finitud como algo convencional.

El *Archivo Extremeño* supo agrupar a un nutrido grupo de intelectuales extremeños, al igual que la *Revista de Extremadura*. Entre éstos, Roso de Luna publicó algunos artículos de carácter “científico”, aparte de ser un gran aficionado a la astronomía. Estos hechos nos animaban a pensar en una posible relación entre Carrasco y Roso de Luna. Una prueba de esta relación es la carta que se conserva en el archivo “Roso de Luna” de Cáceres, fechada el 14 de junio de 1918 en el Observatorio Astronómico de Madrid:

Sr. D. Mario Roso de Luna.

Mi querido amigo y paisano:

Recibí su carta comunicándome la presencia de la nueva estrella y tengo una gran satisfacción en que la ciencia le deba a usted un nuevo e interesante objeto de estudio. No me ha sorprendido su feliz hallazgo, pues ya le conocía a usted, espíritu de poeta soñador como uno de los más fieles enamorados de la belleza de los cielos y como un conocedor experto de todos sus encantos.

Continúe, querido paisano, cultivando ese fecundo amor y seguramente no será este el último triunfo de su sagaz inteligencia.

Le felicita y abraza su buen amigo: Pedro Carrasco.



Figura 2.8. Una tarjeta de visita de Pedro Carrasco Garrorena

¹⁵ Un Cacerense (1905) “Crónica Regional” *Revista de Extremadura* VII(LXXVI), 505-508. La nota sobre Carrasco está en la página 507.



Figura 2.9. Una tarjeta de visita de Pedro Carrasco Garrorena

Lo cierto es que Pedro Carrasco no perdió nunca el contacto con Extremadura. Tenemos algunas pruebas más. En el archivo privado de Benigno López Carrasco se encuentra la copia de una carta escrita por Antonio del Solar y Taboada, en ese momento alcalde de Badajoz, dirigida a Manuel Cabrera Valerio:

Hoy 14 de Diciembre de 1929
Sr. Don Manuel Cabrera Valerio
Mi distinguido amigo:

El clarín invitando a homenaje “ha sonado mucho...” y tener acierto al proponer otro no deja de ser un mérito, por el que sinceramente le felicito. Cuento Vd. con mi modesta cooperación para rendirle [homenaje] a Carrasco Garrorena, gloria purísima de Extremadura que se encumbró luchando con las nobles armas del trabajo, y es hoy por su talento, por su valer y por sus virtudes ciudadanas digno de que sintamos orgullo de contarle entre nuestros hombres beneméritos. Una calle de su pueblo debe llevar su nombre y la medalla de Académico estamos obligados a regalársela sus paisanos.

Y no más que reiterarle mi afecto y buena amistad estrechando su mano.
Antonio del Solar

Efectivamente, el homenaje se llevó a cabo por parte de sus paisanos de Badajoz. A Carrasco le fue regalado un artístico álbum que recogía el siguiente texto (archivo privado de Benigno López Carrasco):

Don Pedro Carrasco Garrorena, gloria de la región Extremeña y orgullo de Badajoz, por la ejemplaridad de su vida, la profundidad de sus estudios, la trascendencia de sus descubrimientos y la brillantez de sus triunfos de resonancia mundial, ha sido recibido como miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales el día 11 de diciembre de 1929.

Desde su niñez dio pruebas de su inteligencia privilegiada y de su laboriosidad. Cursó el bachillerato con insuperable aprovechamiento en nuestro Instituto General y Técnico, en el que pronto se destacó su recia personalidad, poniendo de relieve excelentes capacidades científicas y artísticas que, como consta en su brillante hoja de estudios, le valieron las más altas calificaciones, matrículas de honor y premios extraordinarios.

Pensionado después por la Excma. Diputación provincial, conquistó en nuevas oposiciones otra pensión universitaria, y, con una constancia heroica, suplió lo escaso e irregular de estas aportaciones con el fruto honroso de su propio trabajo manual artístico, gema, tal vez, la más brillante de su historial esclarecido. Esto no le impidió ¡milagros de la voluntad y del talento! obtener en la Universidad matrícula de honor en todas las asignaturas y premio extraordinario, por oposición, en la licenciatura y el doctorado.

Y, siempre por el camino de las oposiciones, ingresó después en el Observatorio Astronómico de Madrid, donde, sin paz ni descanso, continúa laborando a fin de escudriñar los más oscuros misterios del Universo; ganó luego la Auxiliaría de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central y, más tarde, tras reñidos y brillantísimos ejercicios, la cátedra de Física Matemática en la cual difundiera la luz de su genio, la figura excelsa de Don José Echegaray.

Es autor de excelentes obras científicas y didácticas, y de muchas y valiosas monografías, publicadas en revistas nacionales y extranjeras, sobre pacientísimos trabajos de investigación astronómica, y descubrió una nueva raya en el espectro de la corona solar, con ocasión de sus estudios sobre el eclipse de sol acaecido el día 21 de agosto de 1914.

La limpia ejecutoria de este hombre insigne y su ejemplar modestia son motivos del asombro y júbilo de sus paisanos y admiradores, quienes, deseosos de hacer ostensibles estos sentimientos de amor y justicia, le ofrecen con este modesto álbum el fervoroso testimonio de fraternal homenaje y entusiasta admiración.

Badajoz 22 de febrero de 1930.

En la prensa regional hemos encontrado algunas referencias de estos hechos. La primera está inserta en la sección “Notas de Arte” del periódico “La Libertad” en el número del 2 de agosto de 1930¹⁶. En esta nota se hace un largo comentario

¹⁶ Reproducimos el texto por su curiosidad (Diario “La Libertad”, 2 de agosto de 1930, pág. 2):

NOTAS DE ARTE

LA PORTADA DEL ALBUM HOMENAJE A CARRASCO GARRORENA INTERPRETACIÓN DESCRIPTIVA DE LA OBRA

Ha sido expuesto al público en uno de los escaparates del industrial Señor Álvarez Buiza el notable trabajo pictórico que constituye la portada del álbum que por suscripción entre sus amigos y colaboradores se regalará al académico señor Carrasco Garrorena, debido al pincel de don José Alcoba Moraleda.

La composición está inspirada en el estilo gótico del siglo XIV, por su ritmo ornamental y algunas hojas de cardo estilizado que ostenta.

La orla, aunque sigue un ritmo análogo, es suave y no tiene la monotonía de la igualdad, sino que las partes correspondientes a la base de la obra y coronamiento se diferencian notablemente.

En el centro va el escudo de la provincia de Badajoz, engalanado con flores *de colores naturales (rosas)*, queriendo simbolizar la alegría natural que sienten los paisanos y que esta alegría la experimenta toda la provincia. Además, fijan con letras de oro el año en que el ilustre paisano obtuvo el más alto galardón: ser cariñosamente admitido en la Real Academia de Ciencias Exactas como compañero.

A la izquierda, la medalla de catedrático de Ciencias de la Universidad Central, pendiente de cordón azul, símbolo de la Facultad a que pertenece.

Debajo, una figura, que por la estilización de su ropaje forma parte del conjunto armónico ornamental, siendo por ello inseparable de la composición total. Esta figura sostiene con su mano izquierda una esfera y con su derecha un compás. En la frente ostenta una estrella de oro de la que parten rayos luminosos. Su traje es azul y le adornan los símbolos de Cáncer, Leo y Virgo. En la parte superior, por encima de la cabeza, lleva su encuadramiento unas estrellas doradas.

En el lado derecho, bajo la medalla de académico, otra figura del mismo estilo, con flores (amapolas) en la cabeza; en la mano derecha lleva un haz de espigas de trigo y en la izquierda amapolas. Su traje va adornado con cristalizaciones y piedras preciosas pulimentadas. El traje es verde (esperanza). En el encuadramiento lleva estalactitas y una serie de piedras preciosas engarzadas.

Abajo, y ocupando el centro, un sol eclipsado, mejor dicho, un eclipse, y unas figuras de aves, estilizadas, y frutos frondosos, como salidos del cuerno de la cabra Amaltes, perlas, etcétera, etcétera.

El conjunto de la obra, tratado como un tema musical, constituye una verdadera sinfonía, una *sinfonía azul*, que es el color predominante, por ser el que corresponde a la Facultad a que el señor Carrasco Garrorena pertenece, y que en diversas tonalidades, como variaciones de un motivo musical, todas de maravillosa delicadeza, se repite en toda la composición, armonizando siempre en acordes perfectos con los restantes colores de la gama inagotable que el artista ha sabido encontrar en su riquísima paleta, pasando desde los matices más suaves y acariciadores de la vista, como pianísimos acariciadores del oído, hasta las tonalidades más vigorosas, sin estridencias, como vibrantes notas de clarín, rojos y oros logrados con extraordinaria valentía, centelleos de estrellas y de piedras preciosas, que parecen prestados

describiendo e interpretando el contenido artístico del álbum–homenaje que sería regalado a Carrasco meses más tarde. De hecho, el periódico “La Libertad” también informa, en su número del 4 de enero de 1931, que una comisión llevó a Madrid el álbum con el consiguiente gesto de agradecimiento por parte de Carrasco:

Después del homenaje

Carrasco Garrorena, agradecido

La Comisión que entregó en Madrid al académico don Pedro Carrasco Garrorena el álbum de firmas que constituye el homenaje de sus paisanos nos facilita la siguiente nota, que con mucho gusto publicamos:

«Nos ruega don Pedro Carrasco, con motivo del homenaje tributado por sus paisanos, que hagamos público su más sincero y cordial agradecimiento a cuantas directa o indirectamente hayan intervenido en su agasajo, que estima superior a sus méritos y que llega tanto más al fondo de su alma, cuanto significa una muestra de cariño de su patria chica para la que tendrá siempre el más hondo de sus amores.

A Extremadura debo la vida, la cultura y cuanto soy –nos dice–; que los acontecimientos me brinden ocasión de agradecer *con hechos* tanto beneficio y demostrar hasta dónde llega mi amor por nuestra tierra.»¹⁷

Según el testimonio de los familiares de Carrasco, éste volvió a Badajoz desde su exilio mexicano en varias ocasiones aprovechando viajes a la península, especialmente cuando se jubiló como profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.6. La Guerra Civil Española (1936-1939)

El ambiente de la comunidad científica española durante los meses previos a la Guerra Civil queda perfectamente definido por las palabras de Pedro Carrasco Garrorena durante el discurso de la sesión inaugural de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales celebrada el día 13 de noviembre de 1935:

por el natural mismo.

A esta riqueza de colorido se junta el perfecto simbolismo de la obra, cuyos elementos todos tienen un profundo y expresivo sentido. Cada uno declama su papel, y con todos el artista ha sabido interpretar y expresar el sentimiento sincero de cuantos participan en el homenaje.

Las flores bellísimas que encuadran el escudo de la provincia, simbolizando la alegría con que el homenaje se ofrece; las cifras de oro (áureo número) del año en que el alto galardón, ingreso en la Academia, premia toda una vida de triunfos de un estudioso; las cristalizaciones y las piedras preciosas, expresivas, de los trabajos realizados, perfectos, que ya realizó el sabio; el haz de doradas espigas; los racimos de frutos frondosos, expresivos del trabajo maduro que aún ofrece a sus paisanos, a sus compatriotas, a la Humanidad; las rojas amapolas diciendo la alegría y el esfuerzo con que el trabajo se realiza; las estrellas, los signos del Zodíaco, el eclipse, tan bellamente logrado, gratos al astrónomo, que con ellos, de ellos y para ellos ha vivido; el fondo de estalactitas, marco de la Naturaleza, el gran libro en que más que en las bibliotecas estudia el sabio, y tantos y tantos otros detalles simbólicos que la imaginación desbordante del artista ha sabido incluir en este bellísimo pergamino, hacen que, sin hipérbole, podamos asegurar que se trata de una gran obra de arte.

Nota.– Continúan recibándose numerosas adhesiones a este homenaje en la intervención de la Diputación provincial.

¹⁷ Diario “La Libertad”, domingo 4 de enero de 1931, pág. 2.

“He de confesar que, atribulado por múltiples preocupaciones profesionales y amargado además el espíritu por el panorama mundial, tan sombrío y preñado de graves acontecimientos, [...]” (Carrasco 1935b, 5)

“Y la ciencia, que se ha considerado siempre como excelsa matrona distribuidora de inagotables bienes ha sido mirada a veces con temor por los pueblos, asustados por el alcance destructor de sus descubrimientos.” (Carrasco 1935b, 20)

Según su hijo Pedro Carrasco Pizana, Pedro Carrasco Garrorena pertenecía a Acción Republicana, el partido de Azaña. Esto demuestra que Carrasco estaba significado políticamente y era un claro defensor de la República.

Los acontecimientos del 18 de julio de 1936 se produjeron cuando Pedro Carrasco y su familia acababan de llegar a San Sebastián, donde pasaban el verano casi todos los años. Transcurrido un mes aproximadamente desde el inicio de la guerra, Pedro Carrasco y su familia abandonaron San Sebastián para volver a Madrid. El viaje fue largo y fatigoso, pues tuvieron que viajar por Francia, llegar a Barcelona y desde allí, pasando por Valencia y Albacete, terminar en Madrid. Sin embargo, pasarían poco tiempo en Madrid. A inicios del año 1937, Pedro Carrasco y su mujer, con su hijo menor, se trasladaron a Valencia. Allí intentaron realizar una vida normal. El Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes propuso el 5 de junio de 1937 que Pedro Carrasco se incorporara a la Comisión que debía estudiar e informar las solicitudes de reingreso de los profesores de universidad¹⁸. Conocemos la existencia de un telegrama con fecha 11 de diciembre de 1937 del Subsecretario de Instrucción Pública al Rector de la Universidad de Valencia para que comunique a Carrasco y a los profesores Millares y Aguilar –como miembros de esa Comisión Universitaria– que tienen una habitación reservada en el hotel “Mayestic” de Barcelona para el “domingo noche”, probablemente la noche del 12 de diciembre de 1937¹⁹.

¹⁸ Archivo General de la Administración. Sección Educación y Ciencia (en adelante A.G.A. E. y C.), caja 15491.

¹⁹ A.G.A. E. y C., caja 15491.

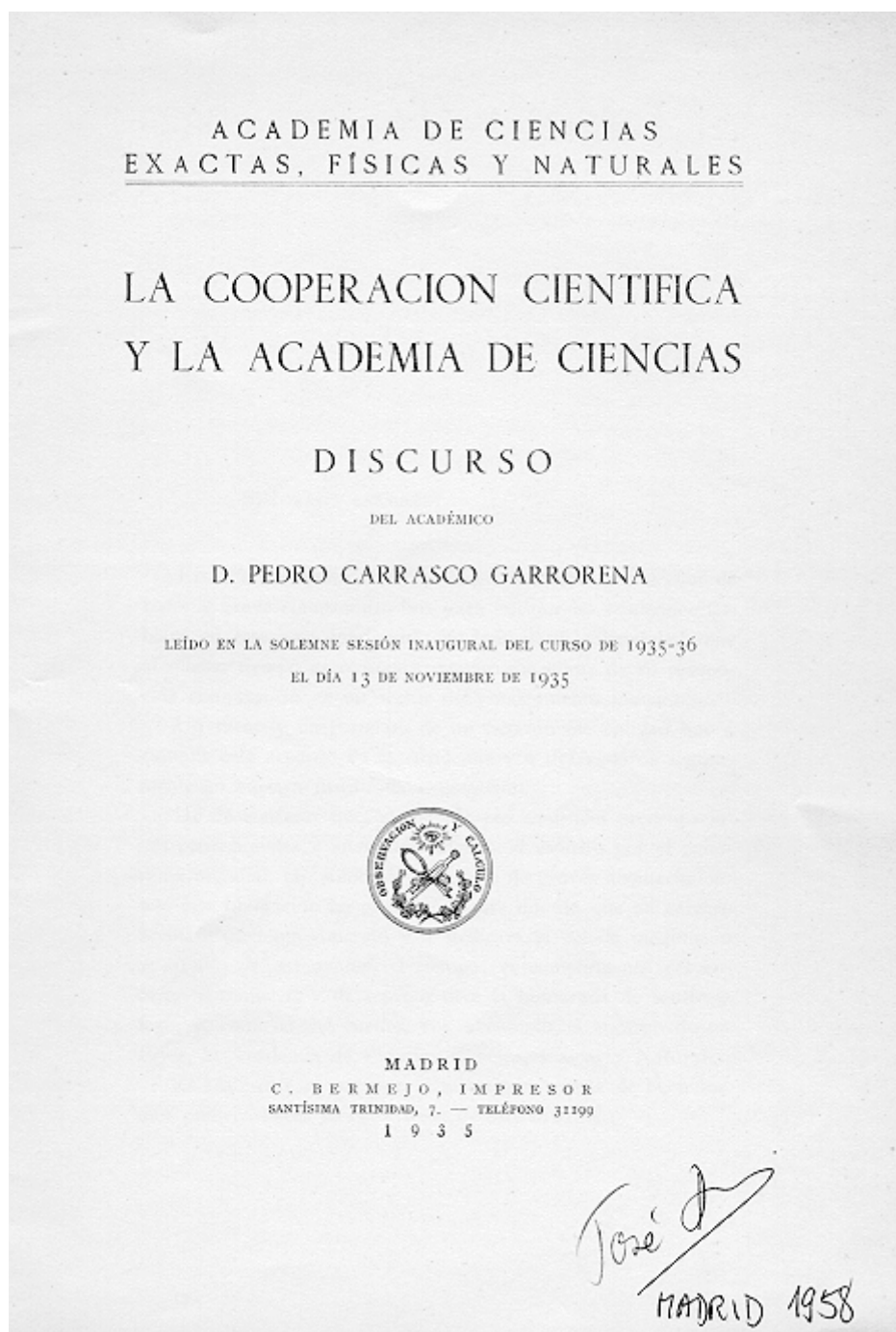


Figura 2.10. Portada del discurso de Pedro Carrasco Garrorena ante la Academia de Ciencias en noviembre de 1935.

Cuando el ejército nacional dejó incomunicados por tierra los dos grandes territorios dominados aún por el ejército leal a la República, Pedro Carrasco y su familia pasan a Barcelona aprovechando el viaje de un barco de carga inglés a principios del verano de 1938. Durante un breve periodo, dos o tres semanas, Pedro Carrasco viaja hasta Estocolmo, donde se celebra un congreso de astronomía. Carrasco aprovechó este viaje para dejar algo de dinero en Francia pensando ya en una posible salida precipitada de España. Aprovechando que Carrasco y su familia residen en Barcelona, el Ministerio de Instrucción Pública y Sanidad dispone el 29 de septiembre de 1938 que Carrasco sea agregado a la Universidad Autónoma de Barcelona. Sin embargo, el Patronato de la Universidad Autónoma de Barcelona remitió un escrito al Subsecretario del Ministerio

el 1 de noviembre de 1938 indicando que la agregación tan sólo podía tener efectos administrativos²⁰. Esto era así ya que el Estatuto de dicha Universidad disponía que para que el nombramiento tuviese efectos académicos debía acordarse por el Patronato y elevarse como propuesta al Ministerio. Después, el gobierno del general Franco lo separaría del Servicio con fecha 4 de febrero de 1939.

Según los recuerdos de Pedro Carrasco Pizana, la situación comenzó a ser insostenible y para la familia de Carrasco comienza el largo viaje que los llevaría a México²¹. Al parecer, un grupo de intelectuales salió de Barcelona en autobús. Salieron a Francia por Port-Bou. Allí les dejó el autobús y tuvieron que llegar hasta Cerbère andando, sin equipaje y calados por la lluvia. Carrasco consiguió que le enviaran el dinero que había dejado meses atrás en Francia y consiguieron llegar a Toulouse. Allí Carrasco conocía al director del Observatorio Astronómico de Toulouse, el Señor Paloque. Este señor estaba casado con una sobrina de Pétain, por lo que tenía algunas influencias, y recomendó a Carrasco que volviese a España cuando él realizase algunas gestiones previas. Carrasco también tenía ofertas para marchar a la Unión Soviética. Sin embargo, parece que la opción que veía más clara era la de marchar a México debido, especialmente, a la situación que se vivía en Europa y que presagiaba una guerra inminente. Ya con la decisión tomada, Carrasco, su mujer y su hijo llegaron a París, donde debían hacer algunas gestiones, especialmente en el consulado de Estados Unidos ya que llegarían a México atravesando este país. Salieron del puerto de Boulogne. Iban en un barco de pasajeros holandés y con ellos iban un pequeño grupo de intelectuales y artistas españoles. Al parecer, Fernando Gamboa fue el que organizó este viaje. Llegaron a Nueva York el 17 de mayo de 1939. Un autobús llevó a todo el grupo hasta México. Entraron por Laredo el 24 de mayo de 1939. Las primeras noches estuvieron alojados en el Hotel Regis. Después pasaron un par de meses en el Hotel Danki, para pasar definitivamente a vivir a un apartamento en la calle Artículo donde Carrasco y su mujer vivieron hasta que marcharon de México.

2.7. El Exilio

La “fuga de cerebros” que supuso el exilio español tras la Guerra Civil ha sido uno de los hechos que más ha marcado la ciencia en España durante el siglo XX. México fue uno de los países que más se benefició con ese torrente de científicos en activo. El caso de Pedro Carrasco reviste un interés extra, ya que su llegada a México coincide con el resurgir de la astronomía mexicana en el que, paradójicamente, no participó.

La astronomía mexicana tiene dos grandes protagonistas durante la década de los 40: Joaquín Gallo (1882-1965) y Luis Enrique Erro (1897-1955). Además, la ciencia mexicana culminó un proceso de institucionalización durante este período. Los institutos de Física y Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fueron creados en 1938. Un año después comenzaron las actividades de la Facultad de Ciencias de la UNAM, incluyendo sus programas de maestría y doctorado. Durante 1941, comenzó a funcionar el Instituto de Química y el Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos. Los institutos de Matemáticas y Geofísica comenzaron a funcionar en los años 1942 y 1945, respectivamente. Este proceso se culminó con la

²⁰ A.G.A. E. y C., caja 15491.

²¹ Archivo General de la Guerra Civil Española, Signatura 21 pho/10/esp.80 5582:CIDA.

Ley Orgánica de la UNAM, que entró en vigor el 6 de enero de 1945, en la que se incluía a la investigación científica como uno de los fines de esta institución.

Joaquín Gallo y Luis Enrique Erro protagonizaron dos épocas diferentes de la astronomía mexicana, pese a ser contemporáneos. El primero sería el representante de la “vieja” astronomía de posición, mientras que el segundo lo sería de la “nueva” astrofísica.

Los primeros pasos de Pedro Carrasco en México están marcados por la ayuda que le ofrece el ingeniero Joaquín Gallo, Director del Observatorio Astronómico de Tacubaya (Gallo Sarlat 1982a y 1982b). De la relación del Ingeniero Gallo con Pedro Carrasco se ha dicho:

“Con los republicanos españoles que salieron de su país al triunfo del General Franco, llegó a México el Dr. don Pedro Carrasco, que había sido Director del Observatorio de Madrid y mi padre [el Ingeniero Gallo] le brindó ayuda prestándole apoyo moral y material para que impartiera cursos en la Universidad y dispusiera de los aparatos del Observatorio para sus observaciones” (Gallo Sarlat 1982a, 86).

Lo cierto es que Joaquín Gallo propuso a los miembros del Consejo Consultivo de los Institutos de Investigación Científica el nombramiento de Pedro Carrasco como profesor honorario de la Universidad Nacional Autónoma de México el 5 de septiembre de 1939. Unos meses después, el 28 de junio de 1940, Joaquín Gallo leyó el discurso académico en el que se nombraba a Pedro Carrasco profesor honorario y se le reconocía el grado de Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas²².

Existen otros detalles aislados de la relación de Pedro Carrasco con el Ingeniero Gallo. Entre los papeles y libros de Gallo que aún se conservan en la UNAM se encuentra un ejemplar del libro *Óptica Instrumental*, uno de los primeros que Carrasco escribió en México. La dedicatoria es autógrafa de Carrasco y dice: “ A mi querido amigo y compañero / el ilustre astrónomo Ingº Joaquín / Gallo, con todo el cariño y agradecimiento de / P. Carrasco”. Es significativa, por ejemplo, la alusión al Ingeniero Gallo en el preludio del libro de Pedro Carrasco *El Cielo Abierto*.

Un atardecer, parados en una avenida de la monumental ciudad de México, contemplaban el cielo de poniente un sutil estilista, personalísimo escritor malagueño, y un astrónomo en vacación forzada.

– No me canso de admirar la belleza de estos cielos mexicanos.

– Son de una grandiosidad única. Qué riqueza en los tipos de nubes; allí, el sombrío nimbus tormentoso; allá más arriba, los cirrocúmulos, tan variados y numerosos; nubes bajas, plumizas o violáceas, altísimos cirros rojizos y anaranjados. Es difícil encontrar, por la variedad acumulada de sus nubes y las bellas coloraciones que provoca el Sol poniente, cielos más hermosos.

– ¿Cómo no escribe usted un libro? Sobre esos cielos, precisamente.

– Se ha escrito tanto y tan bueno... Un libro documentado y técnico pide tiempo para su confección, y su difusión es muy limitada. Un libro más de vulgarización, no sé si merece la pena escribirlo. Además, ¿quién no está harto de leer algo del Sol, de la Luna o de las estrellas? Ha seducido siempre el hablar de números astronómicos, y cualquier mortal lleva ya en el bolsillo unos cuantos numeritos de esos para apedrear a sus contertulios.

– No importa. El asunto es siempre interesante. Márchese usted más allá del Sol;

²² Ambos documentos se encuentran en el Archivo Histórico del Centro de Estudios sobre la Universidad de la Universidad Autónoma Nacional de México en el Fondo Gallo, Caja 2. Carpeta 4.

díganos cómo se conocen y se miden esas distancias, esas dimensiones, esas temperaturas. Si el lector adquiere una idea de los métodos que usan ustedes para esas determinaciones, ya tiene una utilidad el libro. Añada unas buenas ilustraciones...

– Las bellas fotografías las encuentra usted repetidas en todos los libros escritos sobre estas materias. Además, estoy en paro forzoso; no tengo ni mis libros, ni mis placas fotográficas; tendría que abusar de la bondad de mi amigo el Ingeniero Gallo.

–Nada, moléstelo y escíbame el libro, que yo lo edito. ¿No tiene usted predilección por algún asunto concreto? Pues yo le doy el título: “El cielo abierto”.

El astrónomo, que por una guerra inicua había vuelto a sus primeros años de trabajo y lucha, levantó arriba los ojos y vio el cielo abierto. Despidióse con un cordial apretón de manos y marchóse rumiando cuál pudiera ser el libro.

Y aquí lo tienes, lector, ilustrado con algunas fotografías facilitadas por el ilustre Director del Observatorio de México, Ingeniero Gallo. (Carrasco 1940c, 7-8)

Este texto no sólo refuerza nuestras ideas de que Carrasco fue ayudado en estos primeros años de exilio por el Ingeniero Gallo. También nos sitúa en el ambiente que vivían los exiliados españoles en México, intentando rehacer su vida y buscando la ayuda de compatriotas. La ayuda del Ingeniero Gallo resulta fundamental para la publicación del libro. Parece ser que la motivación que tuvo Carrasco para escribir el libro es económica, ya que se preocupa del número potencial de lectores y de la difusión que conseguiría. Además, Carrasco se queja de la pérdida de sus libros y de las placas fotográficas, uno de sus más importantes instrumentos de trabajo, y se considera un astrónomo en vacaciones forzosas. Esto nos ayuda a comprender los problemas que Carrasco tuvo para reiniciar su carrera de nuevo, aunque tan sólo fuese como profesor o como divulgador de la ciencia.

De hecho, Pedro Carrasco intentó en un principio iniciar una línea de investigación en el Observatorio de Tacubaya, pero fracasó debido a la falta de apoyo económico (Lozano Mejía 1991). Numerosos autores han hecho notar la precaria financiación del Observatorio de Tacubaya. Ésta llegaba a tal extremo que hubo numerosos problemas para pagar las cuotas de la Unión Astronómica Internacional (Bartolucci 1991). Carrasco podría haber intentado iniciar una línea de investigación en el Observatorio de Tonantzintla, donde probablemente habría sido acogido con los brazos abiertos. Sin embargo, este observatorio se inauguró el 17 de febrero de 1942 y en esa fecha Carrasco ya se había asentado en la ciudad de México y había conseguido numerosas clases que debía impartir. Además, Carrasco estuvo ligado a la astronomía mexicana gracias al Ingeniero Gallo, quien representaba otro grupo distinto al del Observatorio de Tonantzintla.

Tras la Guerra Civil Española, y pocos meses después de la llegada de los primeros refugiados españoles a México, el gobierno mexicano y los organismos republicanos españoles comenzaron a crear escuelas conjuntamente. De esta forma, se proporcionaba un trabajo digno a los maestros españoles a los que la guerra había separado de las aulas y se continuaba con la educación que niños y jóvenes refugiados habían iniciado en España. El Instituto Luis Vives es probablemente el centro más sobresaliente de los que se fundaron, por la calidad de la educación impartida y por haber permanecido fiel a un origen, manteniendo su esencia en la actualidad (Instituto Luis Vives 1989).

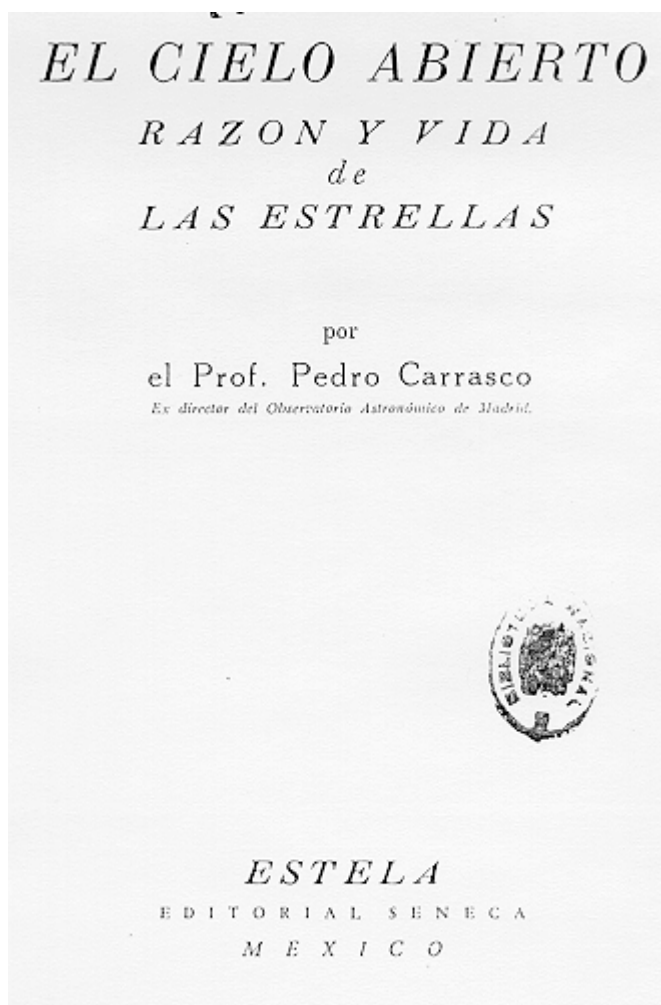


Figura 2.11. Portada del libro de Carrasco “El cielo abierto”.

El Instituto Luis Vives, Colegio Español de México, se fundó en agosto de 1939 con la ayuda del Comité Técnico de Ayuda a los Españoles Refugiados. Su principal objetivo era formar a sus alumnos, hijos de exiliados españoles, en una enseñanza de corte liberal inspirada en la Institución Libre de Enseñanza y el Instituto Escuela, donde se había formado un grupo representativo de la intelectualidad republicana española (Instituto Luis Vives s.f.). El Instituto fue organizado por un Patronato presidido por Pedro Carrasco. Antes de la inauguración oficial del Instituto se dictaron varias conferencias de importantes personalidad mexicanas y españolas. Los conferenciantes fueron Alfonso Reyes, Enrique Díez Canedo, José Carner, Pedro Carrasco, José Gaos y José Puche Álvarez. Las actividades académicas del Instituto se iniciaron en noviembre de 1939. Sin embargo, las clases normales comenzaron para primaria en enero de 1940 y para bachillerato en febrero. Pedro Carrasco fue profesor de física y química, junto con Alfonso Boix Vallicrosa, Eligio de Mateo Sousa y Luis de Tapia Bolívar (Instituto Luis Vives 1989, 23).

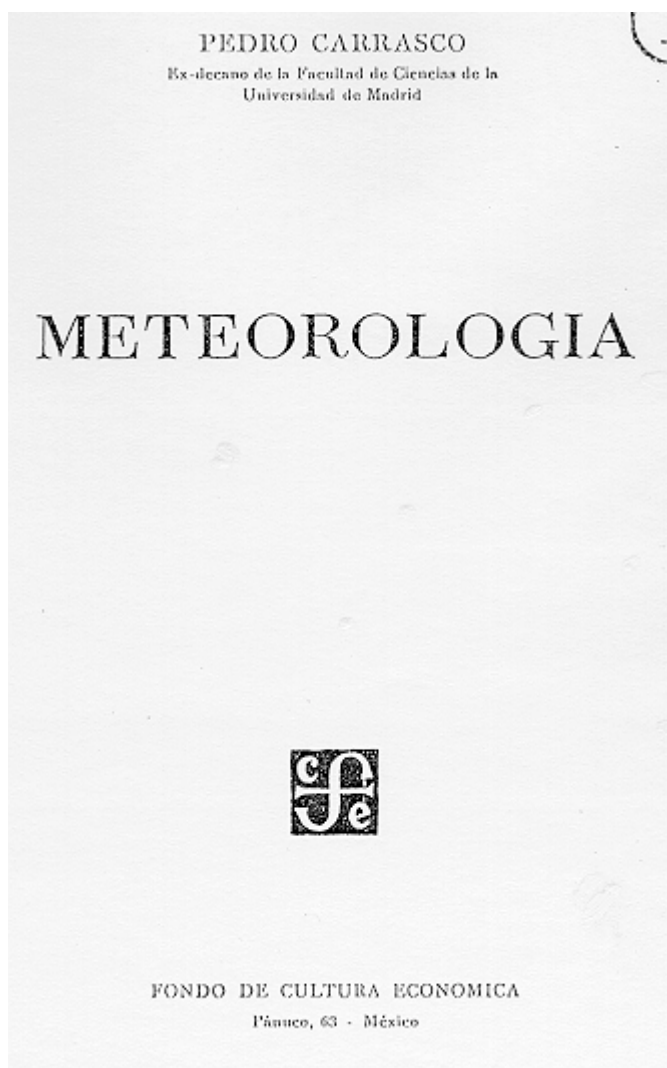


Figura 2.12. Portada del libro “Meteorología” de Pedro Carrasco

El Colegio de México (en un principio La Casa de España en México) fue otra de las instituciones en donde Carrasco trabajó más durante los primeros años de su exilio. Sin embargo, las dificultades económicas de esta institución hicieron que la estabilidad de Carrasco fuese relativa:

“Las relaciones anudadas durante la época de La Casa con el Instituto Politécnico Nacional (IPN) continuaron de múltiples maneras hasta bien entrada la década [de 1940]. En varios casos, Reyes y Cosío pugnaron por que el IPN se hiciera cargo de los profesores que daban clases en sus escuelas pero cuyo salario pagaba el propio Colegio. Esto es lo que sucedía, por ejemplo, en el caso del destacado químico José Giral, cuyo sueldo era de \$600, y el del prestigioso astrofísico Pedro Carrasco. Todavía en 1944 El Colegio seguía pagando el sueldo completo de Giral y parte del de Carrasco; a lo largo de ese año Reyes y Cosío insisten ante el director del IPN, Manuel Sandoval, y su secretario general, Enrique Sánchez Lamago, para que el Instituto incorpore a Giral y a Carrasco definitivamente en sus nóminas.” (Lida y Matesanz 1990, 52-53)

“Ya hemos visto que a raíz de los cortes presupuestales de 1941 en adelante, El Colegio tuvo que cortar amarras con varias instituciones, deshacerse de personal cuyas investigaciones no eran esenciales a la institución e, incluso, reducir los sueldos de aquellos que continuaban incorporados a ella; [...] Una situación

semejante se volvió a repetir en 1946 [...]. En esta ocasión se anunció que se daría de baja a diversos colaboradores de El Colegio: Pedro Carrasco, José Moreno Villa, Juan Roura Parella, Luis Recaséns Siches, Arturo Arnáiz [...]. De éstos, los cuatro primeros habían estado afiliados a la institución desde la época de La Casa de España, otros eran profesores eventuales y los demás becarios.” (Lida y Matesanz 1990, 69-70)

La participación de Carrasco en la vida científica mexicana estuvo especialmente vinculada a la educación (Gutiérrez de McGregor 1991). Según el testimonio de sus alumnos, Pedro Carrasco abandonó sus intentos de hacer investigación pura para dedicarse a mejorar el nivel académico de los centros mexicanos y se pasaba, prácticamente, todo el día dando clases a lo largo y ancho de la ciudad de México²³.



Figura 2.13. Medalla de Justo Sierra concedida a Pedro Carrasco.

La Dra. McGregor aún recuerda numerosos detalles de la vida cotidiana de Pedro Carrasco como profesor en México²⁴. En sus clases, era famosa una pequeña libretilla donde estaban apuntados numerosos datos, tales como constantes astronómicas o físicas. Cuando hacía falta alguno de esos datos en la clases, especialmente en los problemas o ejemplos, Carrasco siempre recurría a lo que tenía anotado en esa libreta. Además, los alumnos disfrutaban en sus clases con las innumerables anécdotas que contaba sobre sus viajes, inculcando el deseo de viajar y conocer otros lugares y culturas. Otro de los elementos que causaban el asombro de los alumnos era el uso del brasero en la casa de Carrasco. Cuando algún alumno visitaba a Carrasco para que le

²³ Archivo de la Secretaría de Educación Pública de México. Referencia D/131/, expediente 83093, legajo 2.

²⁴ La Dra. María Teresa Gutiérrez de MacGregor, Profesora Emérita del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, nos contó sus recuerdos sobre Pedro Carrasco durante el mes de mayo de 1999.

explicase algunas dudas o para pedirle consejo o información, se le sentaba en una pequeña mesa al calor del brasero, lo cual es muy inusual en México debido a lo uniforme y benigno de su clima. Otro detalle que nos da una idea de la vida cotidiana de Carrasco en México es que recogía flores para hacer perfumes para su mujer macerando los pétalos en alcohol.

Entre las numerosas distinciones que Carrasco recibió en México, sobresale la medalla “Justo Sierra” concedida por la Universidad Nacional Autónoma de México (ver figura 2.13).

Los libros que Pedro Carrasco publicó en México se agrupan en dos categorías: libros de texto y libros de divulgación científica. Los libros de texto son *Óptica instrumental* (Carrasco 1940d), *Meteorología* (Carrasco 1945) y *Cosmografía* (Russell et al. 1955). Los últimos fueron escritos para su uso en el Colegio de Geografía donde él impartía las asignaturas relacionadas con las ciencias atmosféricas y astronómicas. Creemos que es especialmente interesante la *Cosmografía*, una traducción de Carrasco del primer volumen de una conocida obra de texto para la enseñanza de la astronomía (Russell et al. 1940). El primer volumen estaba dedicado al sistema solar. Para completar el tomo, los editores pidieron a Carrasco que escribiera los capítulos de astronomía estelar:

ADVERTENCIA DE LOS EDITORES DE LA TRADUCCIÓN AL CASTELLANO

Hemos considerado útil la publicación de un libro de *Cosmografía* que satisfaga las necesidades de los estudiantes de lengua española y la curiosidad de los profanos. Nada mejor que la obra *Astronomy*, de los profesores Russell, Dugan y Stewart. Pero, dada la extensión de la obra en sus dos volúmenes, y el contenido de los programas de esta materia en los países de habla hispánica, hemos creído conveniente hacer la traducción íntegra del primer volumen, sobre el Sistema solar, y confiar al profesor Dr. Pedro Carrasco la redacción de la parte astronómica estelar, en forma breve y concisa, para formar un tomo único de dimensiones no excesivas.

U.T.E.H.A.

Su obra *La nueva física* (Carrasco 1942a) puede considerarse como su última revisión general, en tono divulgativo, de la física de la época que vivió. En cuanto a los libros de divulgación, sobresalen los dedicados a la astronomía: *El cielo abierto. Razón y vida de las estrellas* (Carrasco 1940c), del cual ya hemos hablado, y *Una excursión por el Universo* (Carrasco 1952). Esta obra es el último texto divulgativo que escribiría Carrasco. En sus 112 páginas, Carrasco hace un imaginativo viaje partiendo de la Tierra, visitando la Luna, el Sol, los planetas del Sistema Solar, las estrellas más cercanas y La Vía Láctea, llegando hasta otras galaxias. En la fecha de publicación de la obra, Carrasco es visto como un gran intelectual republicano español instalado en México y dedicado a la cultura de ese país. La pequeña biografía que se hace de Carrasco en las solapas de la portada de la obra dice así:

“PEDRO CARRASCO GARRORENA

Nació en Badajoz, capital de Extremadura (España), 17 de noviembre de 1883, y estudió en su Instituto de 2ª enseñanza obteniendo el título de Bachiller en 1899. Practicó en esa época la pintura artística, la fotografía y publicó algunos ensayos literarios en revistas; pero el ansia de horizontes más amplios que el de la provincia, le llevó a Madrid, sin recursos económicos, y comenzó sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias, consiguiendo por oposición una beca y siendo después

pensionado por la Diputación Provincial de Badajoz. En 19[04] obtuvo el título de Licenciado en Ciencias Físicas, en 19[05] el de Doctor en Ciencias; ingresó en el Observatorio Astronómico de Madrid, mediante oposición; al mismo tiempo que en igual forma ganó una plaza de profesor auxiliar de dicha Facultad, donde trabajó en el curso de doctorado del insigne Echegaray, colaborando con él. Muerto éste, ganó por oposición su Cátedra de Física Matemática, que explicó, así como cursos de Física y Astrofísica, en el Doctorado, hasta 1939. Mientras tanto ascendió a Astrónomo y finalmente pasó a la dirección del Observatorio Astronómico de Madrid. Publicó más de 40 trabajos científicos originales; observó los eclipses de 1911 [sic, 1912] y 1914, descubriendo en éste la raya roja de la corona, asimismo publicó varias obras de Física, Astronomía y Meteorología; fué elegido Académico de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales; miembro de la Unión Internacional de Astronomía, etc.

Desde 1939 en que abandonó España, en la que había permanecido fiel al Gobierno de la República, se estableció en México, donde fué nombrado Profesor Honorario de la Universidad Nacional Autónoma de México, Profesor del Instituto Politécnico Nacional y de la Normal Superior. Consagró en esta época su energía a la enseñanza, publicando artículos y libros: “Optica Instrumental”, “La Nueva Física”, “El Cielo Abierto”, “Meteorología” y otras en prensa. Fué distinguido con la Medalla de Justo Sierra.”

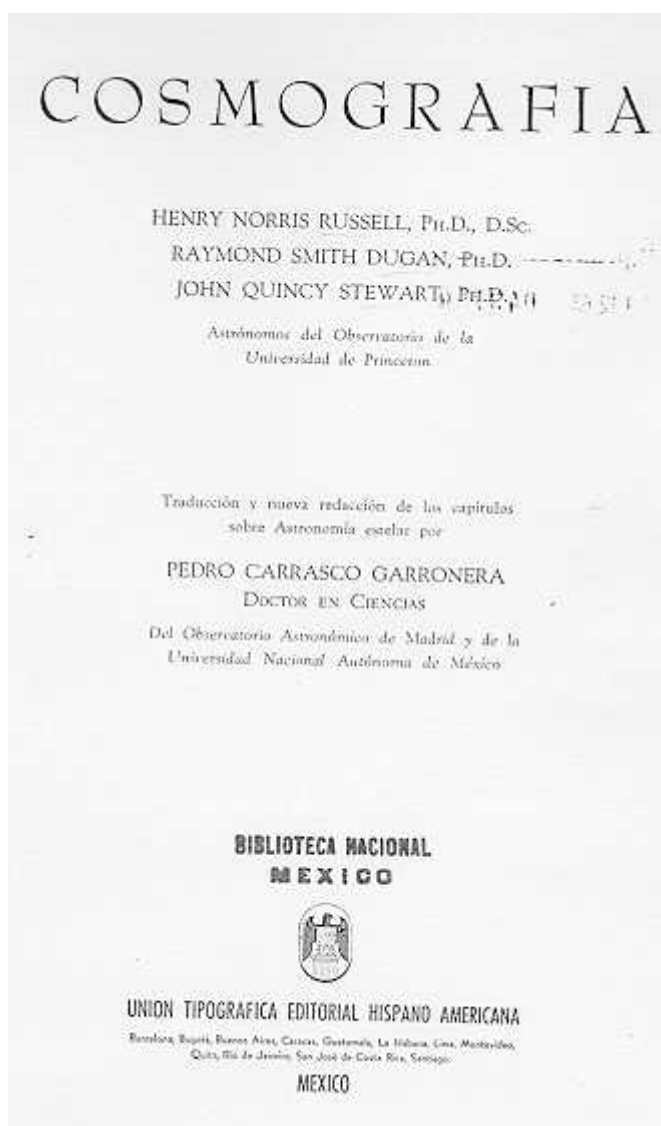


Figura 2.14. Portada de la obra “Cosmografía” traducida y complementada por Pedro Carrasco.

Además de estas facetas educativas y divulgativas, hay que destacar su participación en la renovación de la ciencia geográfica mexicana, apoyando a su compañero Jorge A. Vivó, geógrafo cubano exiliado y verdadero promotor de la moderna geografía mexicana. El principal papel de Pedro Carrasco en este aspecto fue el de director durante el período 1941–1944 de la *Revista Geográfica*, donde publicó un gran número de reseñas bibliográficas. También había una sección para reseñas de revistas. Estas reseñas normalmente no están firmadas y son sólo un brevísimo comentario del índice o, a lo sumo, de cada artículo. Para comprender la importancia de esta labor de P. Carrasco hemos recopilado todas las reseñas bibliográficas que aparecieron en dicha revista (no hemos tenido en cuenta, por tanto, las reseñas de revistas, ya que normalmente eran anónimas). En la tabla 2.7. se da, por autores, el número de reseñas por año y el número total de reseñas que se publicaron en la *Revista Geográfica*. Sólo Vivó le supera en cuanto a número de reseñas.

Tabla 2.7. Autores que escribieron reseñas para la Revista Geográfica y número de reseñas anuales y totales escritas en el periodo 1941-1944.

Autor	1941	1942	1943	1944	Total
J. Vivó	23	58	28	57	166
P. Carrasco	16	15	4	11	46
R. Toscano	--	13	27	3	43
L.R. Ruiz	--	21	10	4	35
J. L. Tamayo	--	3	5	13	21
M. Maldonado K.	10	8	2	1	21
E. Rioja	5	5	--	2	12
R. Alcorta	4	2	--	5	11
F. N. Parres	1	7	--	--	8
P. M. del R.	1	--	--	--	1
C. Cimental	1	--	--	--	1
J. Comas	1	--	--	--	1
P. Kirchhoff	1	--	--	--	1
S. Mendez Arceo	1	--	--	--	1
M. Medina	1	--	--	--	1
L. Urquijo	1	--	--	--	1
R. López de Llergo	1	--	--	--	1
R. Robles Ramos	--	--	1	--	1
E. Holden	--	--	1	--	1
F. Jordan	--	--	1	--	1
G. Ortiz Santos	--	--	--	1	1
Anónimo	7	--	5	3	15
TOTAL	74	132	84	100	390



Figura 2.15. Portada de la obra de Carrasco “Una excursión por el Universo”.

Además, en la *Revista Geográfica* aparecieron diversos escritos relacionados con la vida de Pedro Carrasco. Ahí apareció, por ejemplo una reseña del libro *El Cielo Abierto* escrita por el mencionado Jorge A. Vivó (Vivó 1942). También se da la noticia de un curso de geografía para el Servicio de Guerra que se impartió entre diciembre de 1942 y febrero de 1943 en el Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras. Carrasco participó impartiendo las asignaturas “Meteorología” y “Operación de Estaciones Meteorológicas” (J. A. V. 1942a). También apareció una nota con la organización del Departamento de Geografía de la UNAM según el cual Carrasco impartía la asignatura “Meteorología y Climatología” en el primer año de la Maestría en Geografía (J. A. V. 1942b). En el tomo del año 1944 también aparece la organización del departamento. Carrasco aparece impartiendo las asignaturas “Geografía regional”, “Meteorología y Climatología”, “Historia de las Ciencias Geográficas” e “Introducción a la Geofísica” (Anónimo 1944).

El 1 de julio de 1963, Pedro Carrasco se jubiló (Vivó 1963). Marchó a España durante unos años. De hecho, el 25 de enero de 1956, Pedro Carrasco había solicitado al Ministerio de Educación Nacional que se le concediese la situación de jubilado y que se

le asignasen los haberes pasivos que le correspondían por los servicios prestados²⁵. Su dirección provisional en Madrid fue “Calle Mayor, nº 10–3º”. El Ministerio le concedió la jubilación. Tras pasar varios años en España, volvió con su mujer a México en 1966, durante un viaje turístico, y allí le sorprendió la muerte.

El Nacional, uno de los periódicos mexicanos más importantes, insertaba la noticia de la muerte de Pedro Carrasco el 10 de noviembre de 1966 como homenaje y prueba de consideración:

Un Científico Español Murió en Nuestro País

Gran consternación ha causado en los medios científicos y culturales hispanoamericanos el fallecimiento del Doctor Pedro Carrasco Garrorena, ocurrido hace una semana en la ciudad de México, donde se hallaba exiliado desde 1939. Había nacido en Badajoz, de Extremadura, España, el año 1883.

Muy joven, obtuvo su título de Licenciado en Ciencias Físicas y Matemáticas, con premio extraordinario, en la Universidad de Madrid. En la misma Facultad obtuvo, por oposición, la cátedra de física matemática, que había dejado vacante su maestro, el también catedrático, reputado autor dramático y premio Nóbel en 1904, don José Echegaray.

Por oposición, también, ingresó, en plena juventud, en el Observatorio Astronómico de Madrid, del cual llegó a ser su Director, puesto que ocupó hasta los últimos días de la guerra.

En México, desempeñó los cargos de maestro de la UNAM, del Instituto Politécnico Nacional y de la Escuela Normal Superior, hasta que se retiró hace unos años debido a su avanzada edad. La UNAM le condecoró con la medalla “Justo Sierra”.

Era miembro de la Real Academia de Ciencias de Madrid y también de la de Portugal.

Entre sus varias obras y trabajos científicos publicados, se cuentan Filiofia [Filosofía] de la Mecánica, Óptica Instrumental, Meteorología y La Nueva Física.

Aquí deja a su esposa, hoy viuda de Carrasco. Una hija reside en Valencia, España, y un hijo es profesor de Etnología en la Universidad de Los Ángeles, California.

De trato afable y de carácter bondadoso, don Pedro Carrasco se hizo querer de todos cuantos en vida le trataron. Descanse en paz el ilustre hombre de ciencia y cordial amigo. (Anónimo 1966).

²⁵ A.G.A. E. y C., caja 15491.

2.8. El éter en la obra científica de Carrasco

Ya hemos comentado en la introducción de este trabajo que las ideas de Pedro Carrasco sobre el éter fueron las que impulsaron esta investigación. Vamos a intentar analizarlas en este epígrafe. Debido a la importante producción escrita de Carrasco, vamos en un primer lugar a enunciar las diversas ideas de Carrasco expuestas en sus trabajos científicos y de divulgación.

Posteriormente, intentaremos establecer las diferentes etapas por las que pasaron las ideas de Carrasco e intentaremos justificar estos resultados.

2.8.1. El éter en los trabajos de Carrasco.

Vamos a centrarnos en los trabajos escritos de Carrasco que podrían haber presentado algo referente a su idea del éter. Realizamos, por lo tanto, un recorrido intelectual por las ideas de Carrasco respecto al éter. Comenzaremos por su tesis doctoral, para continuar por los trabajos divulgativos sobre la teoría de la relatividad que publicó antes de la llegada de Einstein a España. También comentaremos un nutrido conjunto de trabajos aparecidos en la década de los 20 para acabar con dos libros publicados en el exilio mexicano, uno de ellos es un texto académico y el otro tiene carácter divulgativo.

Tesis doctoral (1905)

Ya hemos comentado brevemente la tesis de Carrasco en el epígrafe 2.2. Carrasco está plenamente influenciado por las ideas del éter mecánico de la física de finales del siglo XIX. Nada más comenzar la tesis, nos encontramos con una descripción cualitativa sobre cómo se comportan las moléculas etéreas en los fenómenos de polarización por doble refracción:

[...] los fenómenos de polarización por doble refracción así se explican: cuando la luz natural llega á un cuerpo birrefringente, la molécula de éter, que efectuaba sus vibraciones en el plano normal al del rayo y en todas direcciones, no pudiendo oscilar sino dentro de dos planos perpendiculares, la sección principal y el perpendicular á ella, se distribuye en éstos por igual y origina dos rayos *polarizados*, ordinario y extraordinario. (Carrasco 1906)

La tesis de Carrasco, enraizada en una explicación mecánica de la realidad donde el éter juega un importante papel, estudia de forma teórica y experimental la denominada tercera ley de Biot sobre el giro del plano de polarización cuando un rayo de luz atraviesa un cristal – *El poder rotatorio varía APROXIMADAMENTE en razón inversa del cuadrado de la longitud de onda* –. En la parte teórica de la tesis doctoral, Carrasco deduce una expresión del poder rotatorio partiendo de las ecuaciones diferenciales de segundo orden que Mac-Cullagh propuso para su modelo de éter.

Conferencia del Ateneo (1916)

El Ateneo de Madrid publicó en el año 1916 un volumen titulado “Estado Actual, Métodos y Problemas de las Ciencias”. En él se recoge un ciclo de conferencias de prestigiosos científicos españoles del momento como Rey Pastor, Vela, Cabrera o Eduardo Hernández Pacheco. La cuarta conferencia del volumen se titula “Teoría de la

Relatividad” y fue pronunciada en el Ateneo de Madrid en marzo de 1915 por Pedro Carrasco. Glick (1986) asegura que Carrasco no fue la primera opción del Ateneo como conferenciante. Según asegura Carrasco al inicio de su discurso, su designación fue bastante precipitada: “Anteayer fui invitado por la Sección de Ciencias del Ateneo para dar esta conferencia” (Carrasco 1916d, 147).

Para Carrasco la relatividad no es una teoría más. Su objeto no es explicar una serie de fenómenos físicos. Tampoco intenta aunar varias ramas de la física. Para Carrasco, la relatividad es una teoría que responde al estado crítico propio de la física matemática moderna, revisando las concepciones clásicas del tiempo y del espacio. Carrasco intenta dejar claro lo importante que resulta establecer sistemas de referencia. Se había intentado establecer el sistema de referencias de las estrellas fijas y posteriormente había aparecido el éter:

Entonces, como el problema del movimiento absoluto es tan hondo, se trató de referir ese movimiento, no a puntos materiales, sino al éter; [...]; si podemos determinar nuestro movimiento con respecto a ese éter, y hemos de suponer que se encuentra inmóvil para poder efectuar esta determinación, entonces nosotros podremos definir un movimiento absoluto, que estaría referido al éter.
¿Cómo podríamos nosotros definir un movimiento absoluto con respecto al éter? Un punto material que se mueve, ¿nos puede determinar su movimiento con respecto a él? ¿Cómo fijar nuestro movimiento respecto al éter? (Carrasco 1916d, 151).

Para resolver estas preguntas, Carrasco expone un experimento que consiste en medir la velocidad de la luz en distintos puntos del espacio, es decir, un experimento más general que el de Michealson. También se puede hacer un experimento similar con cargas eléctricas. El largo párrafo de explicación acaba diciendo que, lamentablemente, cuando se realizan los experimentos es imposible determinar nuestro movimiento absoluto con respecto al éter. Es aquí donde comienza la segunda parte del artículo, que intenta ser una divulgación de la cinemática relativista.

Carrasco enuncia los dos postulados de Einstein. Para el primero dice: “la teoría de la relatividad parte de un primer postulado, el cual dice que todos los movimientos son relativos”. Y para el segundo: “se reduce [el segundo postulado] a suponer que la velocidad de la luz es una cantidad constante”. A partir de aquí se deducen las ecuaciones de transformación entre dos sistemas coordinados en el que uno se desliza sobre otro con una cierta velocidad a lo largo del eje x . Carrasco comenta como curiosidad que dichas ecuaciones ya habían sido obtenidas por Lorentz como consecuencia directa de su “cinemática de los sistemas eléctricos”. Una vez obtenidas las ecuaciones, Carrasco explica a partir de ellas la contracción de longitudes y la dilatación del tiempo.

Carrasco destaca otras consecuencias importantes. En primer lugar, no puede existir en el Universo ninguna velocidad que supere la velocidad de la luz. La segunda es que necesitamos una nueva forma de sumar o componer velocidades. Además, Carrasco explica que la expresión $x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$ es un invariante. Esto nos define en el espacio de cuatro dimensiones una geometría hiperbólica, por lo que debemos abandonar la geometría euclidiana.

Los comentarios finales indican claramente que Carrasco no ha abandonado la idea del éter:

Yo no he de ocultar que la teoría de la relatividad está sujeta a crítica; pero no crítica para demoler la teoría, ni crítica tampoco para establecer esa teoría contra viento y marea y por encima de todas las teorías preestablecidas. No; las críticas de la ciencia son críticas desinteresadas, de tal modo, que la crítica de la ciencia va a buscar en la teoría de la relatividad una ampliación de los conocimientos que tiene del mundo, una explicación más universal, más general, que abarque mayor número de fenómenos. Y no puede negarse que la teoría obtiene grandes triunfos en el estudio cinemático de los sistemas eléctricos; y al deducir la misma ley de deformación y contracción de los sistemas, ya sean eléctricos o materiales, se inicia una relación íntima acerca de la misma constitución de ambos sistemas, enlaza la física de la materia con la física del éter, y hace presumible una explicación común para ambas (Carrasco 1916d, 163).

Así, la relatividad especial para Carrasco es una teoría que reside en una idea muy sencilla, que se reduce tan sólo a una transformación de coordenadas y lo que ello deriva. Pero el éter mantiene su papel como medio de propagación de las ondas electromagnéticas.

Estado presente de la teoría de la relatividad (1920)

Carrasco era el físico español más preparado para analizar y comentar al resto de la comunidad científica española los resultados derivados de la observación del eclipse de sol del 29 de mayo de 1919, en el que se intentaba comprobar la teoría general de la relatividad. No sólo hemos de tener en cuenta que Carrasco había impartido la conferencia sobre relatividad en el Ateneo de Madrid antes mencionada sino que era un experto fotógrafo y observador de eclipses que conocía la metodología y los problemas que ocurrirían en la observación del eclipse de 1919.

Carrasco publicó una serie de dos artículos (Carrasco 1920a y 1920b) en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. La serie se titulaba “Estado presente de la teoría de la relatividad” aunque en el segundo artículo cambiaron “presente” por “actual”.

El primer artículo estaba dedicado a explicar las circunstancias y resultados de la observación del eclipse del 29 de mayo de 1919. Carrasco hizo una introducción muy general sobre el problema de la desviación de la luz en presencia de un campo gravitatorio. Sí explicó con más detalle el interés que tenía el eclipse de 1919. Era de larga duración (había más tiempo para hacer las fotografías) y coincidía que había estrellas brillantes cerca del sol (por lo que era más fácil que apareciesen en las placas). Carrasco también explicaba en el artículo que las fórmulas clásicas son excelentes aproximaciones a las relativistas en la mayoría de los fenómenos cotidianos. Pero en fenómenos como el de la desviación de la luz del sol por una estrella había una gran discrepancia entre los cálculos clásicos y relativistas.

Carrasco describe cómo se realizaron las observaciones. Se formaron dos comisiones británicas. Una observaría el eclipse desde Sobral (Brasil) y otra lo haría desde Isla del Príncipe (perteneciente a Portugal), cerca de las costas de África. Ambas comisiones perseguían obtener buenas fotografías del campo estelar cercano al sol para comprobar si aparentemente las estrellas se encontraban desviadas según los cálculos. Hay que tener en cuenta que la observación era muy delicada debido a la pequeñez de los ángulos que se debían medir. Carrasco describe los aparatos, las fotos que consiguieron,

los métodos utilizados en la reducción de los datos y una tabla final con los resultados de las comisiones. De estos resultados, Carrasco extrae dos consecuencias: la primera es que los rayos luminosos procedentes de una estrella sufren una desviación al pasar próximos al sol, lo cual era la primera vez que se constataba. La segunda consecuencia era que la cuantía de dicha desviación se aproximaba más al valor calculado con la mecánica relativista que al calculado con la de Newton. Aún así, había fuertes discrepancias en los datos. En este primer artículo, Carrasco no cita al éter en ningún momento pues tan sólo describe la parte más “astronómica” del tema tratado.

El segundo artículo que escribió Carrasco al respecto llevaba por subtítulo “Consecuencias de las últimas observaciones”. En un primer momento vuelve a insistir que sólo en unos pocos fenómenos podemos comprobar discrepancias experimentales entre cálculos clásicos y relativistas. Son tres los fenómenos que se deben utilizar como prueba de la relatividad: variación del perihelio de mercurio, desviación de un rayo luminoso en un campo gravitatorio y desviación hacia el rojo de las rayas del espectro solar. El balance que Carrasco hace de la relatividad es:

El balance actual de la teoría de Einstein es el siguiente:

Afirmativo, para el movimiento de Mercurio;

Probablemente afirmativo, para la desviación de las imágenes estelares próximas a la del Sol;

Negativo, para las rayas del espectro solar;

Y aun pudiéramos agregar, recogiendo un trabajo de Evershed sobre el espectro de Venus;

Probablemente negativo, para la desviación de las líneas del espectro de Venus (Carrasco 1920b, 94).

Ante tal balance, Carrasco llama a una revisión de los resultados y a una discusión de los métodos experimentales. De hecho, Carrasco hace una revisión más profunda de la observación del eclipse del 29 de mayo de 1919, concluyendo que los límites de la precisión experimental son tales que nada decisivo puede concluirse. Y añade:

Creemos que los resultados conseguidos al demostrar la desviación del rayo luminoso, lejos de resolver la cuestión de principio planteada, complicará más el asunto, abriendo nuevos horizontes a la investigación de la constitución solar y principalmente en nuestras ideas acerca de las ondas electromagnéticas y el éter como medio de transmisión e interplanetario (Carrasco 1920b, 97)

Carrasco finaliza el artículo con algunas reflexiones sobre la acción a distancia. Él creía que la relatividad podía llegar a explicar de una manera satisfactoria la acción a distancia, donde el éter podría jugar un importante papel, como más adelante veremos en otros escritos posteriores de Carrasco.

Física General (1925)

En el año 1925, Carrasco publica un libro de texto de física general para uso de sus alumnos en primer curso universitario. Gracias a este texto, podemos ver cómo estructura Carrasco la física de su tiempo con una visión muy general. Carrasco divide la asignatura en dos partes bien diferenciadas: “física de la materia” y “física del éter”. De hecho, debe ser uno de los pocos textos españoles de la época que define el éter y habla de él en los capítulos introductorios:

“**Éter** es la substancia que llena el Universo, bañando tanto los cuerpos materiales

como eléctricos. Para el geómetra, el espacio es una abstracción sin más cualidades que la de ser extensa; para el físico, el espacio posee cualidades que le hacen apto para transmitir la luz, y en general las acciones electromagnéticas, especialmente radiaciones de toda clase. De aquí la necesidad de la sustancia éter, que para muchos no es sino el espacio físico, dotado de propiedades especiales.

Una de las dificultades que hacen repugnar como sustancia al éter es la imposibilidad lógica de que dos sustancias ocupen el mismo lugar en el espacio, ya que la existencia del éter se admite dentro de las sustancias materia y electricidad. Como, por otra parte, sin el éter la física caería por su base, se ha ideado intentar explicar la materia y la electricidad como apariencias locales de estados especiales de perturbación del éter. El salvar esta dificultad llamando al éter espacio físico no resuelve el problema.” (Carrasco 1925a, 4)²⁶

Esta última digresión de Carrasco sobre si el éter puede imaginarse simplemente con el espacio físico está seguramente relacionada con las ideas de Einstein sobre el renacer de un “nuevo” éter asociado simplemente a que el espacio físico tiene unas propiedades.

Kostro y Lange (1999) han estudiado el ambiente científico, cultural y filosófico que llevó a Einstein a negar la existencia del éter del siglo XIX. Según estos autores, Einstein identificó, bajo la influencia de P. Drude, el éter de Lorentz con el espacio absoluto. Así el rechazo del éter de Lorentz significaba para Einstein el rechazo de la existencia del espacio absoluto. Con la teoría especial de la relatividad, Einstein rechaza el éter mecánico que se había convertido en el principal protagonista de la física de finales del siglo XIX. Sin embargo, Einstein resucita un “nuevo éter” en 1916. Einstein escribe a Lorentz en una de sus cartas:

“Estoy de acuerdo contigo en que la teoría general de la relatividad está más cercana a la hipótesis del éter que la teoría especial. Esta nueva hipótesis del éter, sin embargo, no violaría el principio de relatividad, ya que el estado de $g_{\mu\nu}$ = éter no debería ser como un cuerpo rígido en un estado de movimiento independiente, sino que cualquier estado de movimiento debería ser una función de la posición, determinada mediante procesos materiales.” (Einstein 1916)

Desde 1916 hasta 1938, Einstein usó las palabras “nuevo éter” para denominar el espacio-tiempo con propiedades físicas. La última vez que Einstein mencionó el nuevo éter fue en su libro “La evolución de la física” escrito con Leopold Infeld en 1938 y del que aún hoy se hacen nuevas ediciones.

²⁶ La letra negrita inicial es original de Carrasco, que coloca el segundo párrafo con letra más pequeña en el texto.

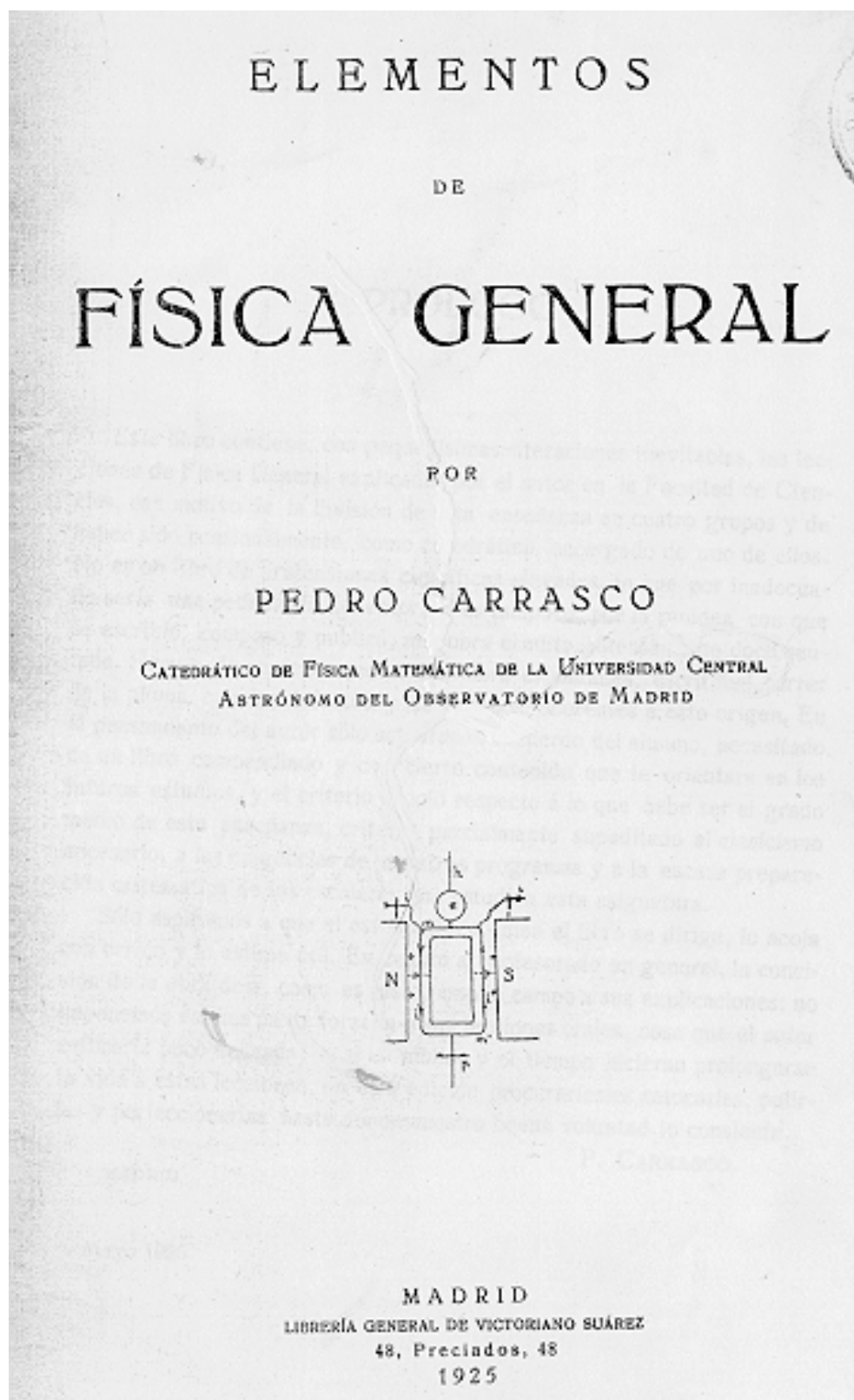


Figura 2.16. Portada de la obra “Elementos de Física General” escrita por Carrasco para su uso en la Universidad Central de Madrid.

Carrasco establece los principios fundamentales de la física (principio de la conservación de la materia, principio de la conservación de la electricidad [de la carga eléctrica], principio de conservación de la energía y principio general de equivalencia) para añadir:

“Dada la unidad de principios alcanzada ya por la Física, ésta puede dividirse en dos grandes ramas: **Física de la materia** y **Física de la electricidad**. En la segunda desempeña primordial papel el éter, y en la primera sólo en lo que afecta a las relaciones entre materia y éter, muy perceptibles en la radiación calorífica.” (Carrasco 1925a, 7)²⁷

Carrasco, por lo tanto, considera la idea del éter como una de las bases fundamentales de la física de su tiempo.

Las sustancias primordiales en Física (1925)

Otra publicación que nos puede ayudar a comprender la imagen de la física que tenía Carrasco en la tercera década del siglo XX es el discurso inaugural del curso académico que leyó en la Universidad Central en 1925.

El discurso de Pedro Carrasco se inicia, como no podía ser menos, recordando y elogiando a Echegaray, su maestro, citando incluso su discurso “La crítica y la ciencia”. Desde un principio, Carrasco advierte que su discurso no tendrá conceptos dogmáticos ni “fórmulas cabalísticas”. Cierra este primer epígrafe (p. 7-8) recordando y lamentando la pérdida de Alberto Segovia Corrales (Catedrático de Zoología General), Baldomero Bonet Bonet (Catedrático de Química Orgánica) y Mariano Gaspar Remiro (Catedrático de Lengua Hebrea).

El §2 (p. 9-13) trata de dibujar a grandes rasgos el estado actual de las teorías dominantes en física matemática. Carrasco vuelve a advertir que no hablará de verdades absolutas. Introduce el espacio y el tiempo de forma intuitiva, indicando que el espacio “humano” es el de tres dimensiones aunque “no deben desdeñarse esas recreaciones abstractas llamadas geometrías pluridimensionales” ya que “es indudable que las geometrías no euclidianas como las geometrías pluridimensionales han enriquecido extraordinariamente los medios de simbolizar los fenómenos físicos”. El §3 (p. 13-19) nos muestra diversos aspectos de lo que Carrasco entiende por “teoría científica”. Afirma que una teoría es verdadera si las consecuencias (o proposiciones o afirmaciones) que de ella se deducen se confirman mediante la observación y la experimentación.

Para Carrasco, hay tres partes fundamentales de una teoría científica: hipótesis o principios en que se funda, fórmulas sintéticas y desarrollos matemáticos que se derivan de éstas. Quizás el punto más delicado sea el examen de las hipótesis o principios que se suponen para establecer la teoría.

Carrasco es de la opinión de que la física siempre ha admitido como hipótesis inicial una sustancia (substratum universal) donde se desenvuelven los fenómenos. Sobre el

²⁷ La letra negrita es original de Carrasco.

año 1915, sólo tres sustancias persistían en la física según Carrasco (materia, electricidad y éter). En ese momento del discurso, Carrasco opina que la física marcha hacia una gran síntesis: reducir todo el substratum del universo a una sustancia única, el éter. Carrasco indica que las sustancias pueden ser continuas y discontinuas, triunfando en ese momento la continuidad perfecta del éter. Para Carrasco, la gran importancia de la teoría electrónica se basa en que ha fundido la hipótesis continuista del éter con la discontinua de la electricidad y la materia. Además, indica que “en las hipótesis de las sustancias primordiales y de la continuidad o discontinuidad estriba el nervio de la génesis científica”.

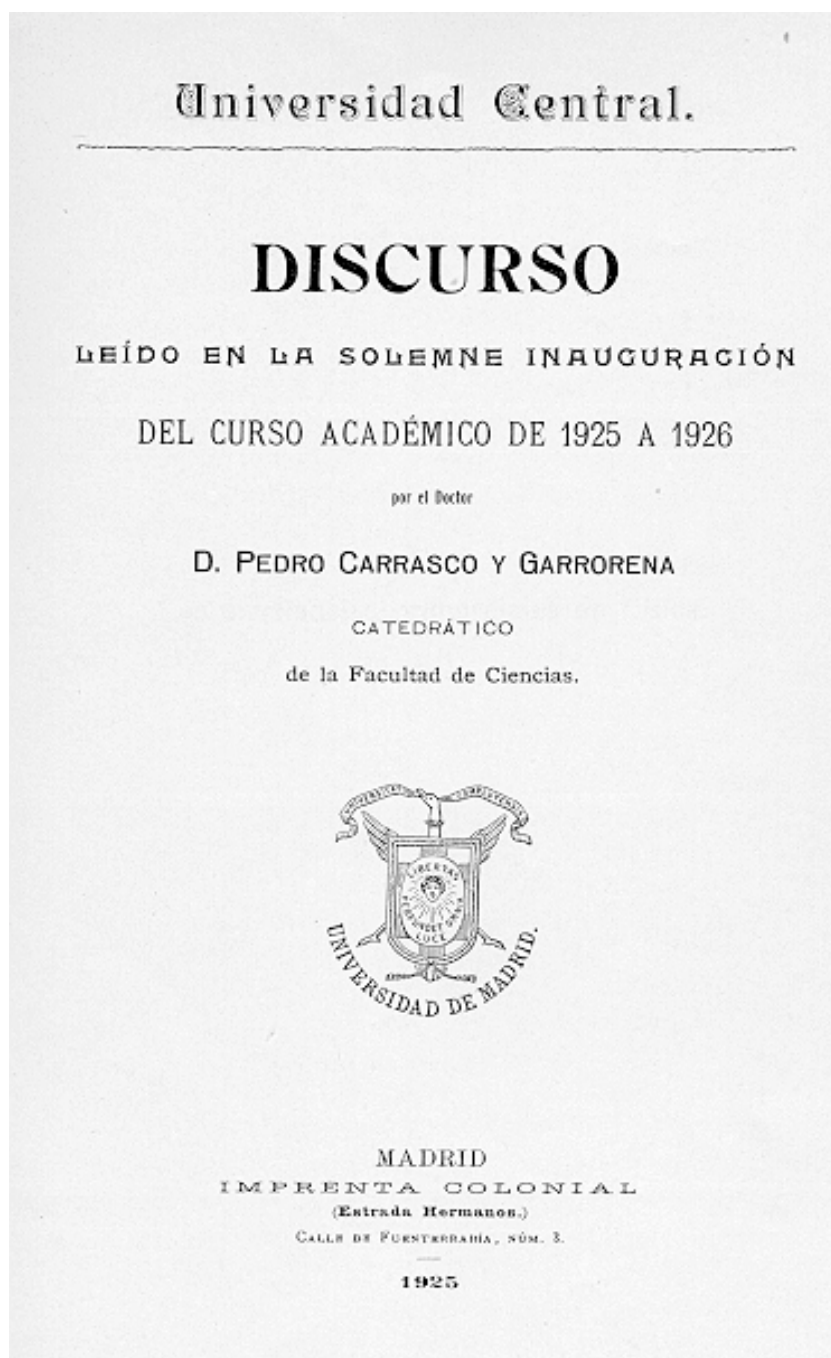


Figura 2.17. Portada del discurso de inauguración del curso 1925-1926 pronunciado por Carrasco y titulado “Las sustancias primordiales en Física”.

En el §4 (p. 19-22), Carrasco nos indica que sobre el año 1900 la física se sintetizaba en dos grandes grupos de teorías: mecánicas y electromagnéticas (a menudo denominadas física de la materia y física del éter). La discontinuidad triunfaba en la física de la materia, mientras que la física del éter era el símbolo de la continuidad perfecta. Sin embargo, los fenómenos que se referían a las relaciones entre materia y éter estaban por explicar. Carrasco presenta lo que él consideraba “la fiebre atomística” en el §5 (p. 22-25). Hace un repaso de los distintos fenómenos que han conducido plenamente al atomismo (electro y magneto-ópticos, de absorción y extinción de la luz, conducción electrolítica, conducción gaseosa e ionización, conducción metálica, efecto fotoeléctrico, ...). Pero el atomismo ha cambiado mucho desde mediados del siglo XIX cuando el átomo era lo indivisible. Carrasco indica los esfuerzos por conocer la estructura del átomo, pues ya se ha establecido la existencia del electrón, e indica que el verdadero problema es determinar la estructura del electrón. Carrasco continúa explicado el importante problema de la estructura del electrón en el §6 (p. 25-28). Hay que tener en cuenta que, aunque la existencia del átomo y del electrón está establecida experimentalmente, existen grandes problemas con la estructura del electrón debido a que sus partes deben rechazarse casi infinitamente. Carrasco ofrece la que llama “solución de Poincaré”: “establecer la existencia real del éter y atribuir a éste una acción superficial capaz de garantizar la indestructibilidad del electrón”. El éter es, por lo tanto, indispensable para la física según Carrasco. En el §7 (p. 28-30), Carrasco se embarca en una crítica a la acción a distancia de la gravitación de Newton. Para ello hace un paralelismo entre las Leyes de Newton y Coulomb. Para la fuerza entre cargas eléctricas, surgió el éter. En cambio, éste no se usa en la gravitación. Carrasco se pregunta: “¿No era simple y sencillamente lógico esperar que una estructura o estado especial del medio justificase los campos gravitatorios?”. Vuelve de nuevo al atomismo en un oscuro §8 (p. 31-32), donde indica que el atomismo ha reducido las sustancias primordiales de la física a tres: éter, átomo material y átomo eléctrico. Carrasco nos introduce aún más en la física del electrón en el §9 (p. 32-36). Parte de que la materia se caracteriza por su inercia y de que no hay carga sin campo eléctrico (y viceversa). Se sabe que el electrón tiene inercia, luego “o el electrón tiene un núcleo material o su materia es una apariencia de la inercia debida al campo electromagnético”. Carrasco elogia los trabajos de Abraham y Lorentz sobre la mecánica del electrón, aunque señala los fenómenos que no han podido ser explicados, indicando que sus contemporáneos aspiran a establecer una teoría electromagnética de la materia.

En el décimo epígrafe (p. 36-42), Carrasco ofrece a los oyentes/lectores algunos datos del átomo y del electrón. Experimentalmente, se ha obtenido la masa del electrón: 1800 veces más pequeña que el átomo de hidrógenos o 373000 veces más pequeña que un átomo de plomo. También se ha encontrado que la masa del protón es 1800 veces mayor que la del electrón, por lo que queda claro que la masa “material” de los átomos reside en sus núcleos. Por otro lado, la fuerza eléctrica sobre un electrón es aplastante respecto a la gravitatoria debido a la pequeñez de su masa inerte. En todo el epígrafe, Carrasco muestra al átomo con la imagen de un sistema planetario.

Carrasco inicia el §11 (p. 42-48) con una importante idea: “El campo electromagnético, estado de deformación del éter determinado por sus vectores eléctrico y magnético en cada punto y en cada instante, aspira a suprimir las hipótesis de la electricidad y la materia como sustancias y apunta la posibilidad de reducir toda sustancia hipotética a una sola, el éter.” Carrasco intenta explicar a los no iniciados la idea de campo con una imagen. Nos insta a que nos imaginemos un barco en el Cantábrico visto desde el aire.

No veremos el barco (la partícula) pero vemos las olas que produce (el campo). El mar, amplio y continuo, representaría al éter. Para Carrasco parece claro, por lo tanto, que la materia tiene un origen puramente eléctrico, ya que con protones y electrones se forman átomos materiales. “Así marcha la Ciencia hacia la gran síntesis”, recalca. Para finalizar este epígrafe, Carrasco continua con la analogía del barco para introducir el concepto de energía. Para Carrasco, “la materia es ya, no sólo [un] punto singular del éter, donde la energía se acumula con extraordinaria densidad, sino mágico instrumento de complicada organización energética, que de vez en cuando se abre para lanzar a los ámbitos del éter su melodía de colores y ondas hertzianas, de rayos X y γ .”

Carrasco dedica el §12 (p. 48-52) a la relación entre materia y energía. Indica que existe un “cierto” origen común entre materia y energía radiante. La masa es un coeficiente de inercia y la aceleración de un electrón provoca una onda electromagnética. La materia emite y absorbe energía. Propone el ejemplo de los cuerpos radiactivos. Al igual que el trabajo mecánico se convierte en calor, la materia “se transforma” en energía. Por lo tanto, nos encontramos con un principio de equivalencia más general que el clásico: la materia es como una energía más. Carrasco llega a decir que “el principio de equivalencia es sin disputa uno de los atisbos más geniales de estos últimos años”.

Carrasco se pregunta en el §13 (p. 52-56) cómo armonizar el atomismo con el éter. Para ello presenta el “quanta” de energía que es descrito como la fatal consecuencia del atomismo de la materia y la electricidad. De hecho, indica que el concepto “actual” de quanta de energía no “satisface nuestro cerebro”. El §14 (p. 56-60) sirve como resumen del discurso. Carrasco comienza indicando que en el terreno experimental triunfa plenamente el atomismo. Sin embargo, en el terreno teórico el criterio continuista señala el camino de máxima síntesis científica. Nos indica que, frente a lo que nos ha dicho, hay físicos que rechazan el éter por innecesario, ya que las ecuaciones representan relaciones analíticas que definen el espacio-tiempo. Para Carrasco, debería buscarse una teoría atomística del éter, como intenta su contemporáneo See.

El último epígrafe (p. 60-63) es bastante intrascendente, finalizando el discurso con un recuerdo a la patria y a la universidad. Hay que tener en cuenta que, al fin y al cabo, el discurso estaba dirigido a un público general. Podemos clasificarlo, por lo tanto, como un escrito de divulgación.

El significado de las ecuaciones generales del campo electromagnético (1926)

El 14 de mayo de 1926, Pedro Carrasco impartió una conferencia titulada “El significado físico de las ecuaciones del campo electromagnético” en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, que más tarde sería publicada (Carrasco 1926a). Se trata de una conferencia pensada para los estudiantes de dicha escuela y, por lo tanto, no ofrece ningún resultado nuevo. Sin embargo, la conferencia no rehuye de las matemáticas en absoluto. El argumento de la conferencia de Carrasco consiste en ir explicando el significado físico de cada una de las cuatro ecuaciones de Maxwell, que escribe en la ahora habitual notación vectorial. Este tipo de conferencias nos interesa especialmente para el objetivo de esta investigación.

Carrasco comienza la conferencia con un especial recuerdo para José Echegaray. Pero enseguida comienza adentrándose en el tema principal de la conferencia y expone las ecuaciones de Maxwell en forma diferencial. Escribe éstas con notación vectorial,

explicando a los alumnos y escribiendo a continuación dichas ecuaciones en componentes. Una vez expuestas las ecuaciones de Maxwell, Carrasco introduce el éter:

“Las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) [las ecuaciones de Maxwell] determinan el campo electromagnético, esto es, definen eléctricamente el espacio físico, mediante dos vectores superpuestos: uno polar, $\vec{E}$, y otro axial $\vec{H}$. El espacio geométrico inerte, pasivo, vacío, lo hemos reemplazado por un espacio activo, cuyas propiedades en cada punto y en cada instante están determinadas por $\vec{E}$ y $\vec{H}$; hemos definido así un campo complejo y variable, y como no tiene sentido para nosotros los físicos, experimentales e intuitivos, que el espacio vacío, la nada, tenga propiedades y estructura cual la definida, necesitamos llenar ese vacío con una sustancia hipotética que se llamó éter.” (Carrasco 1926a, 106)

Pese a este marco inicial donde el éter juega un papel protagonista, Carrasco no vuelve a citarlo prácticamente en toda la conferencia. Sólo tiene necesidad de citarlo de nuevo cuando explica la corriente de desplazamiento.

“Pero aún más, suprimid todo medio material, dejad sólo el vacío, el éter. Este, cual fluido elástico perfecto, sufrirá las fluctuaciones del campo; un tubo de éter cual un tubo sonoro, tubo de aire, sufrirá variaciones de tensión, cual si estuviera sometido a tracciones a lo largo de las líneas de vector $\vec{E}$, y el cambio de valor de $\vec{E}$ alterará estas tensiones, y por el éter circulará esa corriente de desplazamiento, ahora variaciones de tensión, cual pasa la onda por el tubo sonoro, aunque no haya transporte de materia desde una sección a otra del tubo.” (Carrasco 1926a, 114)

Por lo tanto, el texto de esta conferencia nos demuestra que Carrasco es incapaz de comprender la corriente de desplazamiento si ésta no circula a través del éter.

Existe una extensa bibliografía sobre aspectos físicos, didácticos, históricos y filosóficos relacionados con la corriente de desplazamiento. De entre los últimos trabajos, publicados podemos destacar los de Roche (1998), Rizzotto (1999) y French (2000). Destacamos principalmente el hecho de que el propio Maxwell creía que la derivada parcial del campo eléctrico respecto al tiempo representaba un flujo real de electricidad cruzando un medio, por lo que la llamó corriente. También debemos recordar el hecho de que, en tiempos de Maxwell, se sabía poco sobre la verdadera naturaleza de la electricidad y el magnetismo. Rosser (1976) y French (1999) consideran que la corriente de desplazamiento no debería denominarse corriente y, de esta forma, se evitarían muchos problemas y preconcepciones a la hora de su enseñanza.

Filosofía de la mecánica (1928)

Este libro forma parte de una importante colección llamada “Biblioteca de Ensayos”. En ella se publicaron libros de Menéndez Pidal, Gregorio Marañón, Eugenio D’Ors, Pérez de Ayala, ... Blas Cabrera había publicado *El Átomo*, obra que tenía el nº 2 de la colección.

Filosofía de la Mecánica está dividido en tres grandes bloques: “La geometrización de la mecánica”, “Materia y Fuerza” y “Materia y energía”. Cada uno de estos bloques, a su vez, está dividido en pequeños capítulos que ocupan pocas páginas. Veamos un breve resumen.

La geometrización de la mecánica.

La naturaleza ofrece al hombre una asombrosa cantidad de fenómenos. Los hombres hemos conseguido someter una gran cantidad de éstos a leyes y avanzamos hacia la verdad de manera asintótica.

El hombre estableció que lo que tenían en común todos los cuerpos era que pesaban. Haciendo abstracción de las restantes cualidades de los cuerpos, se supuso que los cuerpos estaban formados por lo que se llama materia ponderable. De esta manera, aparece la mecánica de la materia ponderable y la teoría de la gravitación.

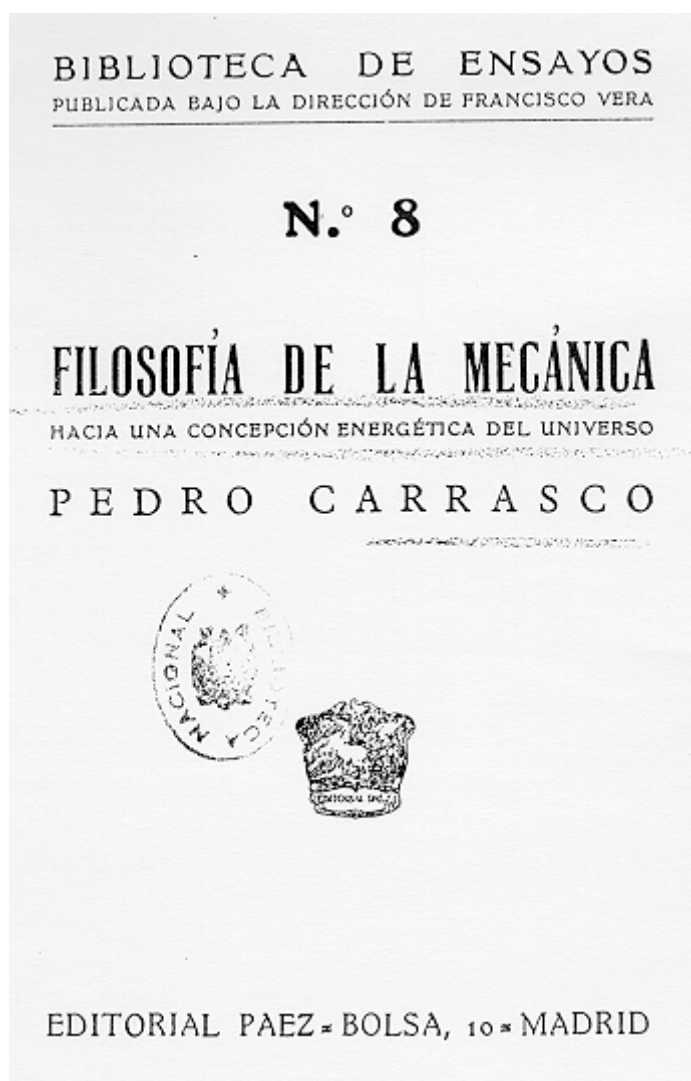


Figura 2.18. Portada del libro “Filosofía de la mecánica” de Pedro Carrasco Garrorena.

La mecánica arranca de la definición de una entidad abstracta, definiendo otros parámetros y señalando un número mínimo de ellos necesario y suficiente para determinar la cuantía de las restantes magnitudes físicas. Esta entidad es la materia. Los parámetros mínimos son las coordenadas espaciales y el tiempo, que tiene un papel privilegiado.

El fin de la mecánica es obtener un conjunto de fórmulas que fijen la posición de un punto cualquiera de un cuerpo material cualquiera, en cualquier instante y circunstancia. Para buscar las leyes de la mecánica, lo primero y fundamental es admitir que existen. Además, cada problema concreto tiene una solución única. Si alguna de las particularidades que intervienen en un fenómeno nos es desconocida total o parcialmente, no podremos prever lo que ocurrirá, desconoceremos la solución de problema, pero ésta existirá única y determinada.

El principio de causalidad en mecánica es, en el fondo, un principio de continuidad y determinismo. Las teorías cuantistas son un instrumento fecundo y cómodo de trabajo, pero su triunfo nos llevaría fatalmente a la atomización del espacio y del tiempo, los dos pilares del conocimiento humano, los dos símbolos más puros y perfectos del concepto de continuidad. Un esquema mecánico permite dar al principio de causalidad un enunciado puramente geométrico. La explicación mecánica del universo sería una realidad si conociésemos el grupo de ecuaciones

$$\begin{aligned}x &= x(x_0, y_0, z_0, t) \\ y &= y(x_0, y_0, z_0, t) \\ z &= z(x_0, y_0, z_0, t)\end{aligned}\tag{I}$$

que determinase la situación en el Cosmos, en un instante cualquiera, de un elemento material cualquiera. Así, el hombre intenta reducir la naturaleza a un problema de geometría.

Las diversas magnitudes físicas pueden considerarse escalares o determinarse por vectores y tensores. El problema físico puede considerarse en tres dimensiones en donde el tiempo desempeña un papel privilegiado o en un hipotético espacio de cuatro dimensiones, el espacio-tiempo.

La geometría que se adapta por su métrica al espacio experimental es la geometría euclidiana, al menos dentro de la aproximación con que opera la física actual, aunque en algunos fenómenos sean presumibles discrepancias de segundo orden, explicables en una métrica no euclidiana. Es, pues, no sólo lícito, sino fecundo, el empleo de otras geometrías para la explicación de los fenómenos; pero es sumamente peligroso dejarse arrastrar por la belleza o la fecundidad de un símbolo o un diagrama, hasta el punto de querer suplantarlo con el símbolo a la realidad física.

El principio filosófico de causalidad dice que el estado de un sistema natural en un instante dado determina todos los estados sucesivos. ¿Cómo encontrar una ley sencilla que rijan todas las masas del Universo? Para ello debemos simplificar el problema. Vamos a suponer que si alejamos infinitamente las masas materiales, su influencia se hace nula.

Debemos precisar qué entendemos por “estado mecánico del sistema”. El estado mecánico del sistema depende de las posiciones y las velocidades de los puntos materiales. Ahora tendremos el sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 x &= x(x_0, y_0, z_0, v_{x0}, v_{y0}, v_{z0}, t) \\
 y &= y(x_0, y_0, z_0, v_{x0}, v_{y0}, v_{z0}, t) \\
 z &= z(x_0, y_0, z_0, v_{x0}, v_{y0}, v_{z0}, t)
 \end{aligned}
 \tag{II}$$

También tenemos que tener en cuenta que la ciencia necesita medidas. Las medidas fundamentales son las de longitud y las de intervalos de tiempo. Otra cuestión fundamental es la de referir las medidas a sistemas de referencia que, al menos, ofrezcan la máxima probabilidad de inmovilidad. Los ejes que utilizamos son válidos como ejes absolutos al menos en un primer orden. Por otro lado, la filosofía toma como sistema de referencia absoluto el éter. En cuanto a las medidas de tiempo, no nos interesa preocuparnos en establecer un origen. Realmente, en lo que estamos interesados es en medir intervalos de tiempo. Sí queremos que estos intervalos sean regulares y para ello nos valemos de los movimientos de rotación y traslación de la Tierra.

La fuerza es una magnitud física de la que tenemos un concepto tan sólido que su realidad en el mundo físico nos parece evidente. Sin duda, es una de las entidades abstractas más atrevidas y más fecundas, pese a haber pasado a un segundo plano derrotada por otra entidad más general y más fecunda: la energía. Se han señalado dos causas posibles del movimiento de los cuerpos: las impulsiones o acciones de contacto y las fuerzas o acciones a distancia. Hay que notar que tanto en la vieja como en la nueva ciencia, repugna la admisión de las acciones a distancia.

Materia y fuerza.

Ante la pregunta ¿qué es la materia?, surge pensar que el Universo está constituido por una sustancia única, capaz de adquirir modalidades diversas. En la física de inicios de siglo se buscan elementos primordiales, constituyentes de los diversos átomos. Definimos masa como cantidad de sustancia. Sin embargo, si definimos la materia por su pesantez, la igualdad de dos masas no obliga a suponer igual cantidad de sustancia, sino que ambas masas pesan lo mismo en idénticas circunstancias. Igualmente, si definimos la materia por su inercia, igualdad de masa significa que ambas reaccionan de igual modo ante la misma fuerza, no igualdad de cantidad de materia. Peso e inercia son considerados como esenciales, pero ¿hasta qué punto lo son?

El principio fundamental de la conservación de la materia es “la materia no se crea ni se destruye”. Pese a que desconocemos lo que es la materia, conocemos una propiedad de la misma: la pesantez. La propiedad atractiva que define la materia depende de la masa del cuerpo considerado y del lugar del espacio en que se encuentra. De esta manera, el espacio abandona su papel inerte.

Faraday, estudiando el campo electrostático que es análogo al gravitatorio, vio un papel activo para el espacio. ¿Por qué durante más de un siglo no tuvieron traducción esas ideas al campo gravitatorio? En primer lugar, porque el campo gravitatorio se había diseñado sobre un espacio vacío. En segundo lugar, porque la atracción universal se consideraba como una acción instantánea. Además, la fuerza gravitatoria es central, actúa en línea recta y salva todos los obstáculos.

Medir la masa por su peso es establecer la proporcionalidad $p=mg$. Parece a primera vista absurda la definición de la masa por el peso, desde el momento en que se ha establecido la variación de pesantez de los cuerpos (g varía). Experimentalmente, la dificultad se salva midiendo pesos relativos.

Otra propiedad esencial y característica de la materia es su inercia. Los fenómenos provocados por la inercia parecen indicar que la masa de un cuerpo depende de su estado de movimiento. Ante esto, la mecánica Clásica mantuvo la ley de Newton e inventó la fuerza de inercia. Para Carrasco, ésta es la que nos sirve para medir la inercia, propiedad fundamental de la materia. Ésta y su pesantez son cualidades que se miden por sus respectivas fuerzas.

Si tomamos una cantidad de materia y la abandonamos en la superficie de la Tierra, ésta se moverá con una aceleración a . Tendremos:

$$\text{Masa pesada} \times g = \text{masa inerte} \times a.$$

Si a y g son constantes, tendremos:

$$\text{Masa pesada} = \text{constante} \times \text{masa inerte}.$$

Así, Carrasco establece la proporcionalidad entre masa pesada e inerte. Carrasco prosigue ahora para establecer la igualdad entre las masas.

Materia y Energía

Carrasco comienza comentando cómo para sus contemporáneos la fuerza está relegada a un papel secundario en favor del concepto de energía. Las causas aparentes de los movimientos materiales que observamos son la presión, la tracción, el empuje, ... la impulsión, en suma. La experiencia demuestra que cuerpos de masas diversas m , m' , m'' , ... adquieren, bajo una impulsión de valor constante I , velocidades v , v' , v'' , ... tales que los productos mv , $m'v'$, $m''v''$... son constantes. Así, escribimos $I=mv$.

Carrasco nos cuenta que la impulsión es proporcional al tiempo $I=kt$, luego se establece que $k dt = m dv$. Si admitimos que m es constante, tendremos $k = m dv/dt = ma$, que es la clásica definición de fuerza. Carrasco también demuestra que podemos generalizar y escribir $dI = d(mv)$ y, por lo tanto, $F=d(mv)/dt$.

Carrasco formula a continuación el principio de inercia de la materia: “La materia tiende a conservar indefinidamente su cantidad de movimiento mientras no la perturbe la acción de alguna fuerza”.

Indica que las observaciones parecen oponerse a la existencia de valores indefinidamente crecientes de la velocidad y, por lo tanto, parecen oponerse a la regla de composición de velocidades. Frente a la velocidad límite infinita, que no tiene sentido físico para Carrasco, se presenta una velocidad finita límite. Para Carrasco, esto ha sido un elemento básico en la primitiva teoría relativista, con la velocidad de la luz como valor máximo y límite de todas las velocidades. Además, la supresión de la hipótesis de la instantaneidad de las acciones a distancia de la gravitación universal es otro criterio físico para adoptar c , la velocidad de la luz en el vacío, como velocidad

límite. Carrasco admite que, según las ideas actuales, el valor de la velocidad límite debe ser único para todos los cuerpos. Por lo demás, Carrasco se hace la pregunta de si podría variar de unos cuerpos a otros siendo, por ejemplo, función de la masa.

Para Carrasco, la ciencia siente una repugnancia ante las acciones a distancia que puede solucionarse con las acciones de contacto. También nos comenta que las acciones de materia contra materia, por contacto inmediato o por acciones propagadas, no tienen explicación si entre uno u otro cuerpo tenemos el vacío. Para Carrasco, hay dos soluciones. La primera solución es la gravitación de Newton. Sin embargo, hay otra solución, aunque el propio Carrasco advierte que sus palabras son atrevidas:

“Otra solución es dar personalidad a ese espacio, que no es ya la nada inerte, sino el vehículo conductor de las acciones.

El espacio vacío ha sido reemplazado por el espacio físico, el éter. Pero el éter no es materia, y este desplazamiento del problema plantea otros problemas nuevos: el de la naturaleza o propiedades del medio hipotético éter y el de las relaciones, enlaces o ligaduras entre la vieja materia y el éter. El éter, a pesar de su carácter hipotético, es la sustancia más necesaria en Física, después de la admirable síntesis de la teoría electro-magnética; las relaciones entre la materia y el éter es el magno problema de la Física actual, iniciado de un modo feliz por la teoría electrónica.

Si confiamos al éter el papel de transmisor de todas las acciones, incluso las materiales, las clásicas fuerzas instantáneas a distancia serán reemplazadas por acciones transmitidas por el éter. Una perturbación producida en un punto del éter se transmite, como es sabido, con la velocidad de propagación de la luz a través del éter indefinido; luego las acciones de gravitación deben ser acciones propagadas con dicha velocidad.” (Carrasco 1928b, 163-165)

Carrasco prosigue la obra con un comentario oscuro sobre la búsqueda de una masa inerte de carácter electromagnético. A su vez, hace algunos comentarios sobre las teorías eléctricas de la materia, adentrándose en la explicación de la estructura de los átomos de hidrógeno y helio.

Carrasco dedica el penúltimo epígrafe de la obra a explicar el principio de equivalencia que expone como “la masa mecánica es equivalente a la energía”. Escribe:

$$\mu \times c^2 = \varepsilon$$

donde ε es la energía medida en ergios, μ la masa medida en gramos y c la velocidad de la luz en centímetros por segundo.

Carrasco finaliza la obra con un epígrafe titulado “socialización de la física”. Ante las ideas revolucionarias de la física de su tiempo y englobando también lo social, Carrasco dice:

“[Vamos] hacia la socialización máxima de la Física, hacia una teoría energética del Universo sobre una sustancia única, que llena, como masa anónima, todo el espacio del Cosmos. ¡Qué correlación tan estrecha entre la evolución de las ideas científicas y las ideas sociales!” (Carrasco 1928b, 181-182)

Óptica instrumental (1940)

La primera publicación de Carrasco como profesor de física en el exilio fue un texto de

óptica editado por La Casa de España en México. El prólogo está fechado en febrero de 1940. Carrasco comenta en dicho prólogo que el texto tiene como base las lecciones explicadas por él durante el segundo trimestre de 1939 en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional de México. Carrasco también explica que el texto no está dirigido a técnicos o especialistas en óptica ni tampoco a futuros investigadores en física teórica. Para Carrasco, su texto presenta los contenidos mínimos e indispensables para químicos, naturalistas, biólogos, médicos y técnicos industriales que necesitan conocer y utilizar diferentes instrumentos ópticos.

Pedro Carrasco expresa sus ideas sobre la naturaleza de la luz en las primeras páginas del texto:

Se pretendió explicar (Newton) la Naturaleza de la luz y sus fenómenos, admitiendo la antiquísima idea de que los cuerpos luminosos despedían o emitían en todas direcciones una sustancia imponderable, de estructura corpuscular, que, al llegar al nervio óptico, provoca la emisión del cuerpo emisor; y que los cuerpos iluminados, no emitían luz, pero despedían, por choque, dichos corpúsculos, los que, recogidos por nuestros ojos, hacían visibles los cuerpos no luminosos u opacos. Esta teoría de la emisión no pudo explicar que acumulando corpúsculos idénticos – luz más luz – pudiera producirse oscuridad, cual ocurre en los fenómenos de interferencia; ni tampoco la causa de que la luz reflejada en un espejo pudiera debilitarse o desaparecer, mediante una segunda reflexión, cual sucede en los fenómenos de polarización. Derrotada entonces esta teoría se impuso la teoría ondulatoria (Young, Huygens y Fresnel), para la cual la luz no es substancia, sino movimientos periódicos, que, producidos en los focos o manantiales luminosos, se transmitían y propagaban por el espacio en ondas; cual en un estanque tranquilo se extiende la perturbación o agitación provocada en un punto; y cual el aire nos trae en ondas las notas musicales de un instrumento. Pero, mientras un timbre encerrado y aislado en un recinto, deja de oírse al hacer el vacío, el filamento de una lámpara sigue emitiendo luz, ondas, a través del vacío que le envuelve; y llega a nosotros, cruzando los espacios interestelares, la luz de los astros. El sonido necesita un medio material que vibre para propagarse; la luz no: se transmite en el vacío. Y como no se concebía que en la nada ocurriera algo, los físicos llenaron el espacio de una sustancia hipotética, continua, que baña todos los cuerpos, a la que denominamos éter; y así, las ondas luminosas se convierten en ondas etéreas. (Carrasco 1940d, 11-12)

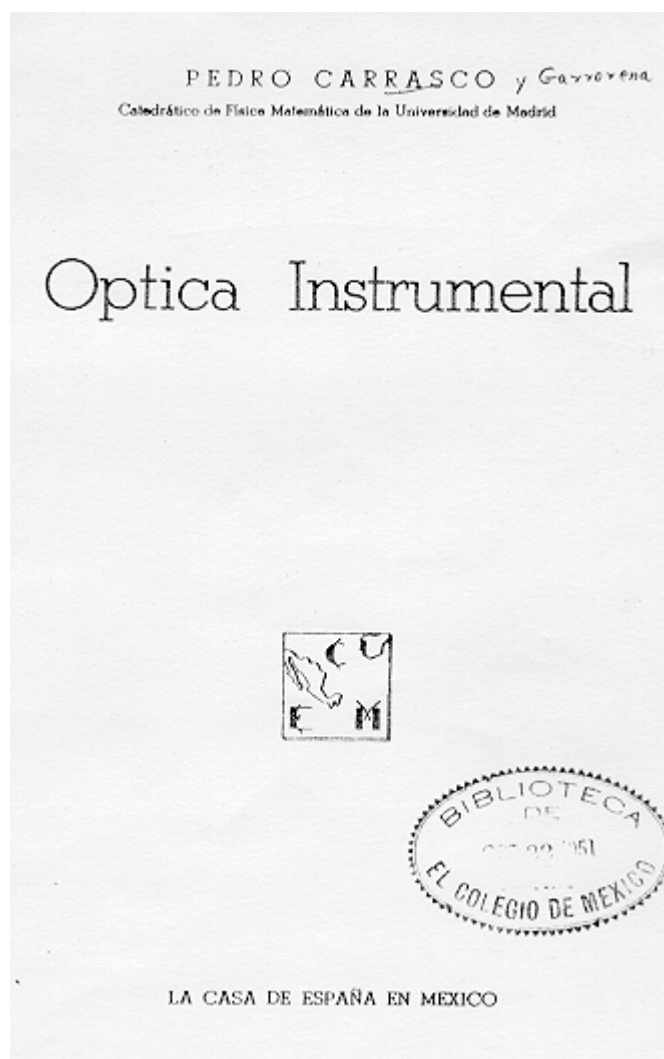


Figura 2.19. Portada del libro de texto “óptica instrumental” de Pedro Carrasco Garrorena.

Carrasco prosigue el texto dedicado a la naturaleza de la luz indicando que las ondas luminosas se incluyeron en las ondas electromagnéticas, ya sin citar el éter. Explica el espectro electromagnético y da una visión muy general de la visión cuántica de la luz. Consideramos que con este párrafo Carrasco expresa, de forma muy delicada, su abandono del éter. Carrasco, antes de citar al éter, deja claro que la luz se propaga en el vacío. Para expresar que el éter ha sido abandonado por la ciencia oficial utiliza un tiempo verbal pretérito. También parece interesante resaltar la frase referente a “que en la nada ocurriese algo”. Carrasco, por lo tanto, parece también referirse a ese “nuevo éter” de Einstein que consistía en las propiedades del espacio-tiempo vacío.

Óptica instrumental es, por lo tanto, el primer texto escrito por Carrasco en donde encontramos indicios de su abandono del éter.

La nueva física (1942)

La nueva física, libro aparecido en 1942²⁸ en la colección “Biblioteca del Maestro” de

²⁸ En la portada del libro aparece 1941, pero en el colofón del libro podemos leer: “Este libro que corresponde al 46° tomo de la “Biblioteca del Maestro”, de “El Nacional”, se terminó de editar en los

la editora mexicana “El Nacional”, puede considerarse como la obra que refleja el pensamiento físico de Carrasco en su madurez.

El texto está dividido en 14 capítulos. El primero sirve de introducción a la obra. Los tres capítulos siguientes muestran hasta dónde llegó la física clásica justo antes de que se sustituyese el principio de relatividad de Galileo. Los cinco capítulos siguientes están dedicados a la teoría de la relatividad y los cinco últimos a la física cuántica.

Aunque no estamos ante un libro de texto, la obra da un paso más respecto lo propiamente divulgativo. Carrasco incluye numerosas fórmulas matemáticas, aunque omite largos desarrollos matemáticos. Llama la atención la deplorable tipografía, especialmente en las expresiones matemáticas.

En el primer capítulo, *Las revoluciones de la física*, Carrasco comenta el avance asombroso de la física durante el siglo XIX. Se pensaba que la física iba a alcanzar una estructuración definitiva. Sin embargo, “al comenzar el siglo XX la Física sufre una crisis tremenda, una crisis verdaderamente revolucionaria”. Según Carrasco, esta crisis obedece al descubrimiento de nuevos métodos de investigación experimental y al eterno dualismo que reside en todas las concepciones humanas. Los nuevos métodos experimentales han sido la base para las dos teorías más revolucionarias de la física, la relatividad y la mecánica cuántica, y dos concepciones antagónicas, el continuismo y el atomismo, han constituido la médula inspiradora de una y otra teoría.

En el segundo capítulo, Carrasco expone *Las teorías mecánicas de la materia* como si de una obra teatral se tratase. El escenario es el espacio geométrico inerte y pasivo. La obra transcurre en el tiempo y el escenario está construido según la geometría euclidiana. En escena aparecen los actores: los cuerpos materiales. Un personaje importantísimo es el punto material. Los puntos materiales sólo son sensibles a la presencia de otros actores según las fuerzas newtonianas centrales. Carrasco advierte que los recursos de dicción, el lenguaje matemático, tienen dificultades cuando dialogan más de dos personajes. Por ello, la teoría cinética de los gases es uno de los capítulos más interesantes de esta obra teatral.



Figura 2.20. Portada del libro “La Nueva Física” de Pedro Carrasco.

La siguiente escena se titula *Mecánica analítica*: el lenguaje matemático permite esta genial transformación de Lagrange y Hamilton. Después apareció la hipótesis del continuo y la obra comenzó a representarse en dos escenarios a la vez. La teoría de la luz, desechada la hipótesis corpuscular de Newton, se desarrolló también a partir del continuismo y apareció la sustancia éter.

Carrasco prosigue con su analogía teatral en el capítulo tercero, *La teoría electromagnética*. Aparece un nuevo personaje: la carga eléctrica. A primera vista, parece tener las mismas propiedades que la masa. Pero pronto vemos que no. Esta interacción es mucho más intensa y, además, hay cargas positivas y negativas. Además, se establece la relación entre la carga y el magnetismo, un actor viejo y olvidado. La escena está completamente llena de éter, mientras que la escena de la vieja materia era tan sólo el espacio vacío.

El cuarto capítulo está dedicado a *la mecánica del electrón*. Para Carrasco, los químicos del XIX llegaron a lo que parecía la entidad última de la materia: el átomo. El problema

era que existía un elevado número de sustancias primas. Ahora, todos los cuerpos se explican con protones, neutrones y electrones. Carrasco indica que el electrón es admitido en el escenario de la física como el átomo de electricidad negativa. Éste podía ser una esfera rígida o deformable. La teoría del electrón deformable, debida a Lorentz, triunfó ya que explicaba varios fenómenos ópticos que hasta el momento habían sido inexplicables. Como las ondas electromagnéticas son energía que se transmite, el espacio geométrico e inerte de la mecánica del punto material se reemplaza por el espacio físico activo: el éter. En palabras de Carrasco, “no hay oleaje sin aguas”. Carrasco prosigue con las diversas hipótesis sobre el éter: fijo, en movimiento, que acompaña a la materia, ... También cita los esfuerzos de Stark y Hertz respecto a la hipótesis del arrastre total del éter. Para Carrasco, la hipótesis dominante fue la de inmovilidad del éter. Termina el capítulo cuarto con una referencia a los métodos interferenciales, a los que considera experimentos con la suficiente precisión como para confirmar el estado del éter.

El quinto capítulo se titula *La relatividad de los movimientos*. Carrasco enuncia que a la mecánica newtoniana no le afecta que los sistemas de referencia no estén en reposo mientras se encuentren en movimiento rectilíneo uniforme (principio de relatividad de Galileo). La hipótesis del éter inmóvil se convirtió, por lo tanto, en un punto de apoyo para poder definir posiciones y movimientos absolutos. Con el experimento de Michelson, se podía comprobar y medir el movimiento de la Tierra respecto del éter. Pero el resultado fue negativo. Carrasco añade: “La defensa del éter en reposo, básico en la teoría electrónica [del electrón], pedía un esfuerzo inmenso para vencer tales contradicciones y evitar el fracaso de la hermosa síntesis que representaba la teoría electromagnética con la teoría electrónica. Lorentz realizó este esfuerzo”.

Carrasco prosigue su narración explicando las dos hipótesis revolucionarias de Lorentz: la contracción de la longitud (en la dirección del movimiento) y la dilatación del tiempo. Con ellas se construía una transformación entre sistemas de referencia con las expresiones:

$$\begin{aligned}x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}\end{aligned}$$

Estas ecuaciones dejan invariantes las ecuaciones del campo electromagnético, con lo que subsiste todo el cuerpo de doctrina de la llamada física del éter.

Carrasco comienza el sexto capítulo, titulado *la relatividad restringida*, indicando el dilema al que se enfrentaba la física. Si pasamos de un sistema a otro en movimiento relativo usando la transformación de Galileo, perturbamos las ecuaciones del campo electromagnético y destrozamos la teoría que explica todos los fenómenos del electromagnetismo. Por el contrario, si pasamos de un sistema a otro usando la transformación de Lorentz vulneramos la base en la que descansa toda la mecánica.

Para Carrasco, Einstein da un valor definitivo al hecho de no haberse podido, por ningún medio, encontrar o definir un movimiento de arrastre respecto al éter. Carrasco introduce entonces la teoría de la relatividad restringida. Explica que debemos encontrar un grupo de ecuaciones que determinen x , y , z y t en función de x' , y' , z' y t' y recíprocamente. Introduciendo el hecho de ser la velocidad de la luz c una constante universal para todos los observadores, basta escribir para uno y otro observador que el espacio recorrido por la onda luminosa esférica es igual a la velocidad c multiplicada por el tiempo correspondiente. Así, se encuentran las ecuaciones de transformación de Lorentz y la teoría de la relatividad restringida resuelve el dilema.

El séptimo capítulo está dedicado a *las consecuencias de la relatividad*, refiriéndose a la relatividad restringida. Carrasco comenta que la primera consecuencia es que un mismo fenómeno ocurre para distintos observadores en puntos diferentes del espacio y en tiempos distintos. Además, la contracción de Lorentz (establecida como realidad en un principio) se presenta como una apariencia en la teoría relativista restringida. Otra de las importantes consecuencias que menciona Carrasco es que la velocidad no sólo es una constante universal, sino el límite de todas las velocidades de la naturaleza.

El capítulo octavo se titula *La mecánica relativista*. Carrasco comienza diciendo que la regla de superposición de velocidades parece un principio del sentido común más que un principio de la mecánica. Sin embargo, la manera razonable de sumar velocidades ahora viene dada por las ecuaciones de Lorentz. Carrasco explica que cuanto mayor es la velocidad de un cuerpo más difícil es aumentar su velocidad. Cuando la velocidad del cuerpo es c ya es imposible aumentarla. De esta forma, la relación constante entre fuerza y aceleración, pilar fundamental de la mecánica newtoniana, se derrumba. El concepto de sustancia es incompatible con esa variación de la masa y con un valor infinito de la misma. Del mismo modo, ya no existe el dualismo de principios que establecía la física hasta ese momento: principio de conservación de la materia y principio de conservación de la energía. Carrasco dice textualmente:

“Diríase que, lo mismo que la teoría ondulatoria de la luz suprimió la sustancia **lumínica** y la termodinámica borró la sustancia **flojisto**; y que un principio de conservación de la energía, ampliando el de la mecánica clásica, hacía dominar en la ciencia la concepción energética, así la teoría relativista suprime como sustancia la clásica materia y crea una concepción energética única para todos los fenómenos de la Naturaleza.” (Carrasco 1942a, 90)²⁹

El capítulo noveno, último del bloque dedicado a la relatividad, se titula *La relatividad generalizada*. Después de haber explicado con cierto detalle la teoría de la relatividad especial, Carrasco intenta divulgar en este capítulo algunos tópicos de la relatividad generalizada. Llega incluso a escribir expresiones matemáticas del intervalo espacio-temporal ds^2 en un espacio de cuatro dimensiones. Además, incluye comentarios sobre los logros de la relatividad:

“Estas dos comprobaciones [retrogradación del perihelio de mercurio y curvatura de la luz debido a la presencia del sol] fueron dos éxitos resonantes de la teoría de la relatividad. Posteriormente ha dado brillantes resultados esta mecánica einsteniana, no sólo en el macro-mundo de la astronomía donde predijo la variación de las líneas espectrales hacia el rojo en el espectro solar, sino en el micro-mundo de las órbitas electrónicas de las modernas teorías atómicas.” (Carrasco 1942a, 115)

²⁹ Las letras negritas son originales de Carrasco.

El último bloque del libro está dedicado a la divulgación de las ideas cuánticas. Carrasco inicia el décimo capítulo con un discurso sobre la dualidad continuista-atomista para continuar explicando aspectos novedosos como la cuantización de la energía. El capítulo undécimo se titula *Los espectros discontinuos*. En él se relacionan los espectros de rayas con la estructura de los átomos e incluso se llega a escribir la fórmula de Balmer. El capítulo duodécimo está dedicado al fotón y a su nacimiento para explicar el efecto fotoeléctrico. Los dos últimos capítulos, *Indeterminación y probabilidad en mecánica ondulatoria* y *Las mecánicas cuantistas*, divulgan aspectos generales de la física cuántica como el principio de incertidumbre y la ecuación de Schrödinger.

La obra abarca la revolución de la física en el primer tercio del siglo y supone el abandono del éter por Carrasco:

“[...] Esa sustancia era el protagonista principal; cuando una corriente eléctrica no podía pasar de los bordes de un conductor abierto, ella cerraba la corriente; la corriente de desplazamiento de Maxwell, la corriente que ni tiene conductor ni electrones, ni otro asiento que el éter, había sido la concepción genial que había conducido a las ecuaciones del campo.

Todos los ensayos para concebir tal sustancia, para atribuirle una densidad, una elasticidad, cual ocurre en la sustancia materia habían fracasado. Las propiedades del éter no eran otras que las propias ecuaciones del campo electromagnético. Teníamos una descripción matemática, analítica, del espacio físico y este parece al final que se desvanece. [...]

[...] ¿Qué sustancia es ésta cuya presencia escapa a toda percepción, en la que no podemos fijar una marca, señal o vértice de referencia? [...] Tal vez no exista el éter como sustancia, pero existe un bello argumento escrito, que permite conocer lo que ocurrirá siempre que nos decidamos a representar la obra.” (Carrasco 1942a, 56-57)

2.8.2. Evolución de la idea de éter en la obra de Carrasco.

Del análisis precedente de las obras de Carrasco, pensamos que las ideas de Carrasco con respecto al éter han pasado por cuatro etapas diferentes. La primera de ellas correspondería en el tiempo con la primera década del siglo XX y estaría basada en la idea del éter mecánico, tan utilizado en el siglo XIX. La segunda etapa corresponde a la recepción de la relatividad en España durante la segunda década del siglo. La tercera etapa es la más original y heterodoxa del pensamiento de Carrasco. Está centrada ideológicamente en la noción de éter como sustancia y temporalmente en los años 1925-1928. Por último tenemos la etapa de madurez en la vida de Carrasco, en donde se produce un rechazo del éter volviendo a los cauces de la ciencia “oficial”. La figura 2.21 quiere mostrar de forma gráfica estas etapas en las ideas de Carrasco sobre el éter que hemos ido comentado.

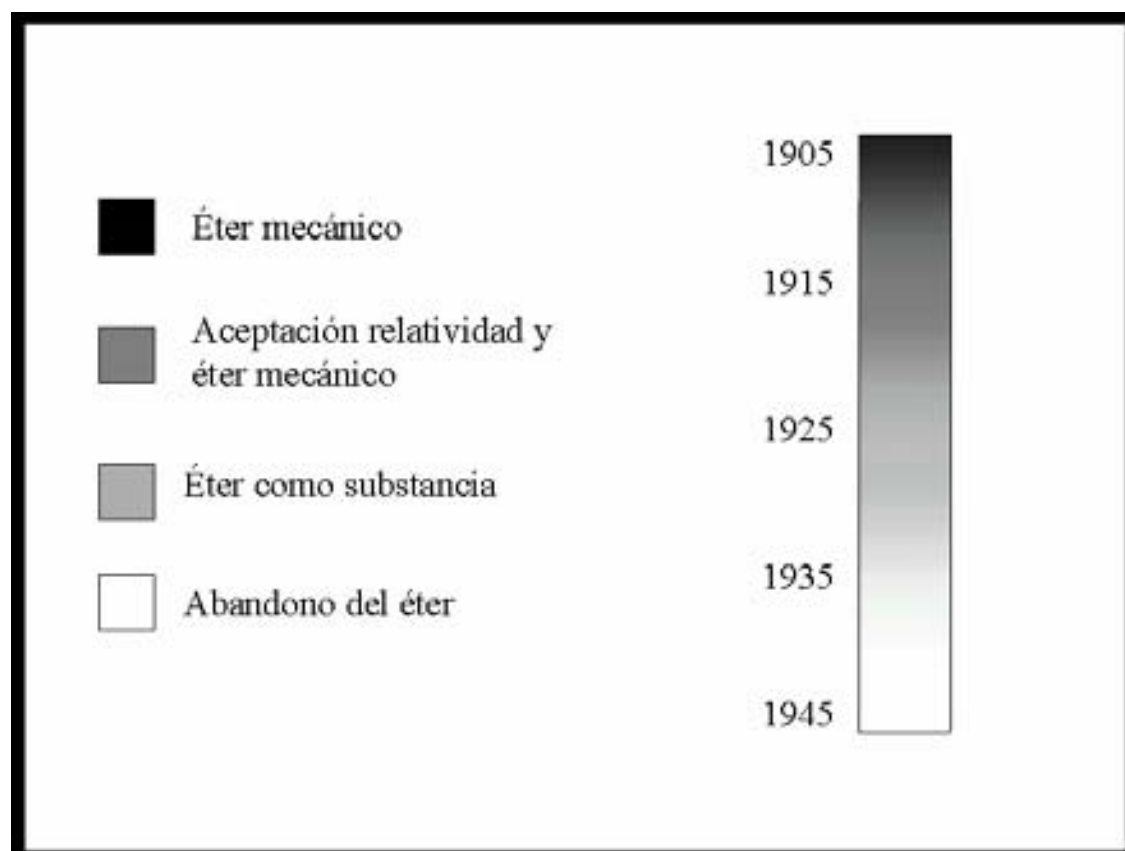


Figura 2.21. Resumen cronológico de las ideas de Pedro Carrasco Garrorena sobre el éter.

La primera etapa en las ideas de Carrasco sobre el éter está centrada en el éter mecánico tan típico de la física del siglo XIX. Apreciamos a un Carrasco poco original que trabaja en aspectos muy poco revolucionarios de la física. Recordemos que Carrasco trabaja en su tesis doctoral sobre óptica, rama de la física donde el concepto mecánico del éter era muy fuerte por razones históricas. En este trabajo utiliza, concretamente, un conocido modelo de éter derivado por Mac-Cullagh. También debemos tener en cuenta la influencia que Echegaray tuvo sobre Carrasco. Echegaray era plenamente un físico del siglo XIX y, por ello, defensor acérrimo del éter mecánico, como vimos en sus trabajos de divulgación.

A partir de los últimos años de la primera década del XX, se tienen las primeras noticias de la teoría especial de la relatividad en España. En esta segunda etapa del pensamiento de Carrasco sobre el éter, se mantiene la idea de éter mecánico pero se debe incorporar la relatividad. En la física de Carrasco, se produce una aceptación de la relatividad salvaguardando el éter. En un primer momento (Carrasco 1916d), Carrasco presenta la relatividad como un juego matemático donde se transforman variables de un sistema de referencia a otros. En los trabajos posteriores sobre el estado de la teoría (Carrasco 1920a; 1920b), Carrasco no comenta nada sobre el éter en sus escritos. Esto recuerda algunos casos parecidos en la recepción de la relatividad por parte de algunos científicos británicos (Sánchez Ron 1988).

Durante la década de los 20 y parte de la de los 30, Carrasco vive una etapa donde sobresale su idea de éter como substancia. Durante ese tiempo, el pensamiento de Carrasco se vuelve más heterodoxo. Carrasco expone, por ejemplo, hipótesis atrevidas en la obra *Filosofía de la mecánica* (1928) como que el límite de velocidades de los

cuerpos podría depender de la masa de cada cuerpo o que la interacción gravitatoria podría actuar a través del éter con la velocidad de la luz para desechar ya las acciones a distancia y presentar el edificio de la física sólo con acciones por contacto. En esta etapa, Carrasco identifica el espacio vacío con el éter, al igual que Einstein a partir de 1916. Sin embargo, detrás de las palabras hay ideas físicas distintas. El éter de Carrasco sigue siendo un éter mecánico que permite la propagación de acciones, mientras que el “nuevo éter” de Einstein se aleja de la concepción mecánica de Carrasco.

Dentro del juego de antítesis como continuismo-atomismo, Carrasco quiere que la física marche hacia una gran unificación, aún mayor que la que supuso el concepto de energía. El protagonista de esta unificación sería la sustancia éter. Para el Carrasco de esta etapa, en el mundo físico existen tres sustancias: materia, electricidad y éter. Carrasco desea suprimir la sustancia electricidad a favor del éter gracias al electromagnetismo y reducir la materia a electricidad con las teorías eléctricas de la materia. De esta forma, el éter sería la sustancia capaz de unificar la física.

En la siguiente etapa, Carrasco se encuentra en una época de madurez y exilio. Carrasco abandona la investigación en México debido a la falta de ayudas y, posiblemente, a la edad. Pese a no investigar, Carrasco es un ávido lector que se mantiene al día, como demuestran parcialmente la gran cantidad de reseñas que hemos encontrado en la *Revista Geográfica*. En sus obras mexicanas, Carrasco cita al éter como una bella idea, pero utiliza la física “oficial” para enseñar y escribir, manifestando el abandono final del éter. Aparentemente, Carrasco no pudo nunca alejarse de la física mecanicista que aprendió en su juventud, pese al rechazo final del éter en la última etapa de su vida científica.

2.9. Cronología

Año	Vida de Carrasco
1883	Nace en Badajoz (17 de noviembre).
1894	Realiza el examen de ingreso del Instituto de Badajoz (25 de junio).
1895	Se matricula de sus primeras asignaturas del Bachillerato (20 septiembre).
1900	Realiza los ejercicios del grado de Bachiller (18 y 19 de junio).
1901	Dirige la revista Pax-Augusta (julio-diciembre).
1904	Se examina del grado de licenciado en Ciencias Físicas (22 de junio). Oposita al premio extraordinario de licenciatura (26 de septiembre).
1905	Ingresa por oposición en el Observatorio Astronómico de Madrid. Lee su tesis doctoral (9 de octubre). Consigue una plaza como Auxiliar interino de Física Matemática en la Universidad Central de Madrid (18 de octubre).
1908	Se casa en Madrid con Magdalena Pizana Lacárcel (3 de diciembre).
1910	Estancia de tres meses en el extranjero para estudiar aplicaciones de la espectroscopía a la astronomía.
1911	Estancia de dos meses en Inglaterra para estudios de astrofísica.
1912	Observa el eclipse total de Sol en Cascabellos de León (17 de abril).
1914	Observa el eclipse total de Sol en Teodosia, Crimea (21 de agosto).
1915	Imparte una conferencia sobre Relatividad en el Ateneo de Madrid.
1917	Solicita presentarse como opositor a la cátedra de Física Matemática de la Universidad Central de Madrid (28 de febrero) y gana dicha oposición.
1921	Asiste a una comida en honor de Levi-Civita (1 de febrero).
1923	Recibe a Einstein en la estación de ferrocarriles de Madrid (1 de marzo). Presenta a Einstein en su primera conferencia en Madrid (3 de marzo).
1925	Publica “Elementos de Física General”
1928	Publica “Filosofía de la Mecánica”.
1929	Se le nombra miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (11 de diciembre).
1931	Elegido Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central (19 de diciembre).
1934	Es nombrado Director del Observatorio Astronómico de Madrid.
1935	Lee el discurso inaugural en la Academia de Ciencias (13 de noviembre).
1939	Llega a México (24 de mayo). Joaquín Gallo escribe a los miembros del Consejo Consultivo de los Institutos de Investigación Científica de la UNAM proponiendo a Pedro Carrasco como profesor honorario (5 de septiembre).
1940	Nombrado profesor honorario de la Cátedra de Física Especial del Colegio de San Nicolás en atención a su labor educativa en el curso siglo XX de la Universidad de Primavera “Vasco de Quiroga” (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) (14 de mayo). Se le abre Expediente de la Secretaría de Educación Pública (21 de junio). Se le nombra profesor honorario de la UNAM y se le reconoce el grado de Doctor en Ciencias Físicas y Matemáticas (28 de junio).
1941	Profesor honorario de la Cátedra de Física–Química del Colegio de San Nicolás en atención a su labor educativa en el curso 1941 de la Universidad de Primavera “Vasco de Quiroga” (Universidad Michoacana de San Nicolás de

	Hidalgo) (31 de mayo). Se le nombra profesor de enseñanza secundaria en la Escuela Preparatoria para Hijos de Trabajadores (10 de junio).
1942	Comienza a impartir clases de Cosmografía y Meteorología en la Escuela Normal Superior (10 de marzo). Se le nombra Profesor de Enseñanza Técnica Superior sin adscripción (10 de septiembre).
1943	Comienza a impartir clases de Cosmografía, Meteorología y Geofísica en el Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía de la UNAM (10 de marzo). Asiste a la Convención de Solidaridad con el Pueblo Español, organizada por la Federación de Organismos de Ayuda a los Republicanos Españoles (FOARE) en México (20-24 de agosto).
1952	Es elegido miembro consejero de la Sociedad Astronómica de México (1 de marzo).
1963	Jubilación como profesor de la UNAM y de la Secretaría de Educación Pública (1 de julio)
1966	Muere en México

3. Conclusiones

Hubo un gran resplandor rojo en el cielo desde el comienzo de la noche hasta su fin. Nada igual se había conocido antes. Ocurrió en la noche del sábado 19 de safar del citado año [25 de enero de 880]

Ibn Abi Zar, *Rawd al-Qirtas*.

Esta memoria ha intentado recoger los trabajos realizados durante cuatro años de investigación sobre el abandono del éter en la física española del primer tercio del siglo XX. Dichos trabajos han girado en torno a dos elementos principales. Uno de ellos es la investigación sobre los contenidos de los libros de texto utilizados para la enseñanza de la física en el período 1840-1950. El otro elemento principal es la vida y la obra de Pedro Carrasco Garrorena, una de las figuras menos estudiadas de la física del primer tercio del siglo XX en España. A continuación, exponemos las conclusiones más importantes del trabajo desde nuestro punto de vista.

Podemos decir que existe un gran parecido entre los textos de física general de diferentes autores del período estudiado (1840-1950). Esto se debió a la política educativa del momento sobre la que hubo voces discordantes, como la de Eduardo Lozano y Ponce de León. Así, ocurrió que las diferencias entre las sucesivas ediciones que aparecían de estos textos eran escasas. Este hecho tenía como consecuencia que los libros de texto estaban vigentes en el mercado editorial durante un considerable número de años. Un ejemplo muy llamativo es la traducción española del texto de física de Ganot, cuya primera edición es de 1853 y la última conocida de 1945.

También hay que añadir que hubo dificultades para desterrar contenidos anticuados de los libros de texto de física. En muchos de ellos, compartían páginas teorías modernas y antiguas. El caso de Eduardo Sánchez Pardo, que ampliaba su traducción con elementos de antiguas ediciones desechados para la nueva edición, es significativo. Además, debemos indicar que hemos comprobado una excesiva orientación examinadora en los libros de texto y programas consultados. Algunos son un simple recetario de leyes y fenómenos físicos que los alumnos debían aprender si querían superar el examen. De esta forma, no surge el interés por reflexionar sobre los contenidos ni por realizar prácticas experimentales. Además, algunos textos fomentaban descaradamente un aprendizaje totalmente memorístico, con lo que los contenidos no se aplicaban a nuevas situaciones y eran olvidados con facilidad.

He intentado caracterizar las ideas que sobre el éter aparecían en los libros de textos mediante las cuatro siguientes preguntas: (1) ¿Se cita al éter en los principios generales? (2) ¿Se cita al éter en las generalidades sobre el calor? (3) ¿Se cita al éter en las generalidades sobre la luz? (4) ¿Se cita al éter en las generalidades sobre la electricidad? En total, se han consultado 72 obras de texto de física en castellano publicadas en el período temporal que va desde 1843 a 1947. Es decir, en término medio, se han consultado más de 6 textos publicados en cada década durante todo el período considerado. Este elevado número de textos nos permite estimar la evolución de los contenidos a lo largo del tiempo.

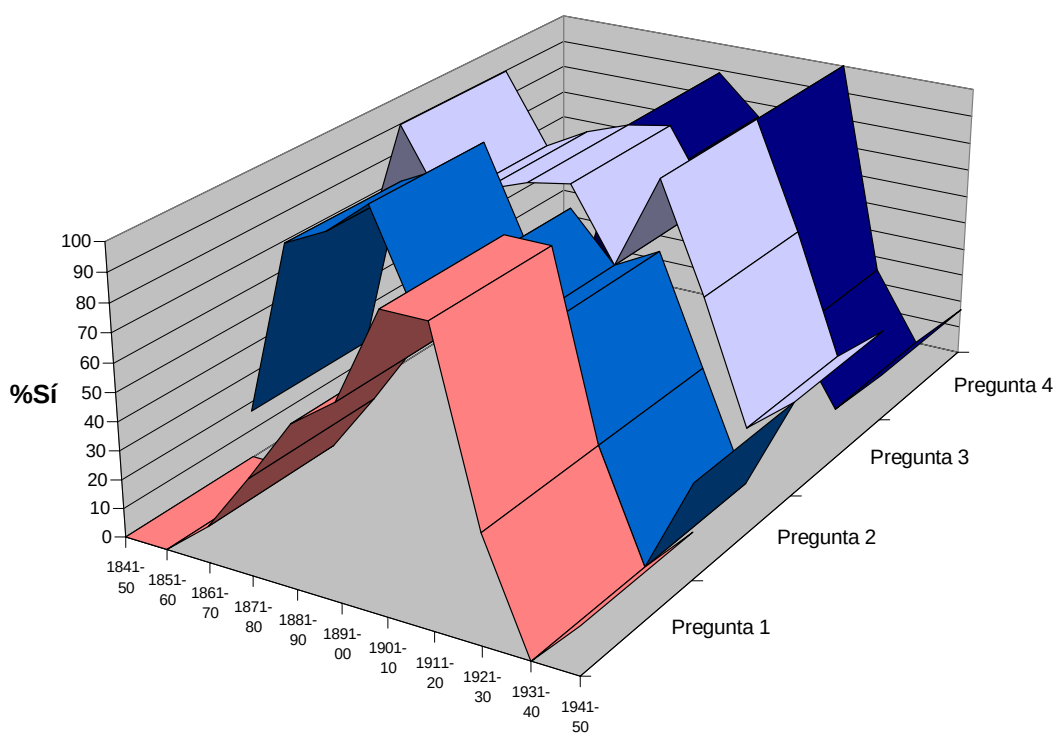


Figura 3.1. Resumen de la evolución del uso del éter en los libros de física españoles desde la década de los 40 del siglo XIX hasta la década de los 40 del siglo XX.

Apreciamos un constante aumento de apariciones del éter en los preliminares de los textos desde la década de los 50 del XIX hasta el final de siglo. La aparición del éter en los preliminares es total en las dos primeras décadas del siglo XX. Y a partir de aquí se produce una caída en picado hasta el punto de que, en la década de los 30, no aparece el éter en los preliminares de ningún texto consultado. Por último, en la última década estudiada reaparece en algunos textos el éter en los preliminares. La década de los 70 del siglo XIX es el momento en el que la frecuencia de aparición del éter en los capítulos dedicados al calor es mayor, aunque dicha frecuencia se mantiene bastante alta, en general, durante el período 1850-1920. Durante la segunda y la tercera década del siglo XX, el uso del éter para explicar qué es el calor decae de forma brusca. De hecho, ningún libro de los consultados editados en la década de los 30 cita al éter. En la década de los 40, el éter vuelve a reaparecer ligeramente. Según nuestro análisis, el éter ha sido habitual en los capítulos dedicados a la luz de los textos de física españoles publicados durante el período 1840-1930. En la década de los 30 del siglo XX se produce una fuerte caída y en la década de los 40 hay una débil reaparición, de manera similar a lo visto anteriormente. Para los autores españoles, éter y electricidad no tenían relación alguna durante la década de los 40 y 50 del siglo XIX. A partir de ese momento el éter comienza en aparecer en los capítulos dedicados a la electricidad para presentar picos en las décadas de los 80 del siglo XIX y los 10 en el siglo XX. Appreciamos un retroceso importante del uso del éter en los capítulos dedicados a la electricidad en la primera década del siglo XX.

Sin embargo, debemos tomar esto con mucha cautela y recelo ya que es en esta década en la que menos textos se han consultado. Creemos, por lo tanto, que es simplemente una coincidencia no significativa debido al escaso número de textos consultados de esta época. La brusca caída en el uso del éter en la década de los 30 y la débil recuperación en la de los 40 también se observan en los capítulos dedicados a la electricidad.

La década de 1910 marca el momento de máximo uso de la idea de éter en los libros de texto españoles de física en todas las partes estudiadas. Sin embargo, las décadas de 1920 y, especialmente, 1930 muestran una caída muy brusca de la idea del éter. Durante el siglo XIX, los autores españoles fueron copiando de autores extranjeros, franceses fundamentalmente, y repitiendo ediciones con la dificultad añadida de modificar los contenidos. Sin embargo, a partir de la década de los 20, hay autores españoles con un cierto prestigio, incluso a escala internacional, lo que ayuda a escribir buenos textos. La década de los 1940 supuso una pequeña reaparición de la idea del éter que a priori es difícil de explicar. Lo cierto es que Glick (1986) mostró que los autores antirrelativistas encontraron en la España de la postguerra un entorno favorable para la publicación de sus ideas e hipótesis.

También hemos realizado la biografía de Pedro Carrasco Garrorena. Nació en Badajoz el 17 de noviembre de 1883 y estudió en su Instituto de 2ª enseñanza obteniendo el título de Bachiller en 1899. Después marchó a Madrid, consiguiendo por oposición una beca y siendo después pensionado por la Diputación Provincial de Badajoz, para estudiar Ciencias Físicas en la Universidad Central. Ingresó en el Observatorio Astronómico de Madrid, mediante oposición; al mismo tiempo que en igual forma ganó una plaza de profesor auxiliar de dicha Facultad, donde trabajó en el curso de doctorado de José Echegaray. Tras el fallecimiento de éste, ganó por oposición su Cátedra de Física Matemática. Más tarde, pasó a la dirección del Observatorio Astronómico de Madrid. Publicó un buen número de trabajos científicos originales; observó los eclipses de 1912 y 1914, descubriendo en éste la raya roja de la corona solar. Además, fue elegido Académico de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales. Abandonó España tras la Guerra Civil Española, en la que había permanecido fiel al Gobierno de la República, estableciéndose en México donde fue nombrado Profesor Honorario de la Universidad Nacional Autónoma de México, Profesor del Instituto Politécnico Nacional y de la Normal Superior. Consagró en esta época su dedicación a la enseñanza y al desarrollo de la geografía mexicana. Murió en México en 1966.

Del análisis de la obra de Carrasco, hemos temporalizado sus ideas respecto al éter en cuatro etapas diferentes. La primera etapa en las ideas de Carrasco sobre el éter está centrada en el éter mecánico tan típico de la física del siglo XIX. Apreciamos a un Carrasco poco original que trabaja en aspectos muy poco revolucionarios de la física. A partir de los últimos años de la primera década del XX, se tienen las primeras noticias de la teoría especial de la relatividad en España. En esta segunda etapa del pensamiento de Carrasco sobre el éter, se mantiene la idea de éter mecánico pero se debe incorporar la relatividad. En la física de Carrasco, se produce una aceptación de la relatividad salvaguardando el éter. Durante la década de los 20

y parte de la de los 30, Carrasco vive una etapa donde sobresale su idea de éter como sustancia. Durante ese tiempo, el pensamiento de Carrasco se vuelve más heterodoxo. Carrasco expone, por ejemplo, hipótesis atrevidas en la obra *Filosofía de la mecánica* (1928) como que el límite de velocidades de los cuerpos podría depender de la masa de cada cuerpo o que la interacción gravitatoria podría actuar a través del éter con la velocidad de la luz para desechar ya las acciones a distancia y presentar el edificio de la física sólo con acciones por contacto. En esta etapa, Carrasco identifica el espacio vacío con el éter al igual que Einstein a partir de 1916. Sin embargo, detrás de las palabras hay ideas físicas distintas. El éter de Carrasco sigue siendo un éter mecánico que permite la propagación de acciones, mientras que el “nuevo éter” de Einstein se aleja de la concepción mecánica de Carrasco. Dentro del juego de antítesis como continuismo-atomismo, Carrasco quiere que la física marche hacia una gran unificación, aún mayor que la que supuso el concepto de energía. El protagonista de esta unificación sería la sustancia éter. Para el Carrasco de esta etapa, en el mundo físico existen tres sustancias: materia, electricidad y éter. Carrasco desea suprimir la sustancia electricidad a favor del éter gracias al electromagnetismo y reducir la materia a electricidad con las teorías eléctricas de la materia. De esta forma, el éter sería la sustancia capaz de unificar la física. En la siguiente etapa, Carrasco se encuentra en una época de madurez y exilio. En sus obras mexicanas, Carrasco cita al éter como una bella idea pero utiliza la física “oficial” para enseñar y escribir, manifestando el abandono final del éter. Aparentemente, Carrasco no pudo nunca alejarse de la física mecanicista que aprendió en su juventud pese al rechazo final del éter en la última etapa de su vida científica.

4. Apéndices

A fines de este año ocurrió en el disco solar un extraño y desconocido prodigio, cubriéndolo un oscurecimiento patente, visible al ojo, que le quitó parte de su luz y apagó sus rayos, situación que se prolongó 7 días completos, 4 en du-l-hiyya a fines de este año [14-17 octubre 939] y 3 a primeros de muharram siguiente, a principios del año 328 [18-20 octubre 939].

Ibn Hayyan, *Al-Muqtabis V*.

Apéndice A: Catálogo de obras de física de la Biblioteca de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz.

Sin pena ni gloria, como si de obras anodinas y vulgares se tratara, los libros de física del siglo XIX se encuentran abandonados por muchos estudiosos de la ciencia y el pensamiento en España. La Real Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz, fiel a la tradición bibliográfica extremeña, atesora entre sus fondos un nutrido y selecto conjunto de obras de este tipo. En un principio, pueden parecer tan sólo libros de texto (o divulgación) que nacieron por el ánimo de lucro de algún pobre profesor u obras de "iluminados" en las que, como mucho, encontraremos pasajes divertidos para lectores modernos. Esto es cierto. Sin embargo, la riqueza en el pensamiento pedagógico de algunos de estos profesores, los planteamientos asombrosamente modernos de unos pocos textos y la rica variedad de ideas a las que se accede gracias a estos libros han hecho que creamos que su estudio bien merece la atención de los investigadores.

De estos planteamientos nació este catálogo. En este volumen se recogen los libros decimonónicos españoles de física que se encuentran en la biblioteca de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz. La obra es fruto de varios años de estudio de los fondos científicos de esta biblioteca. Interesados especialmente en las ideas de los autores, se han transcrito los pasajes que hemos creídos más ilustrativos. Entre lo transcrito, abundan prólogos de obras de texto. Pero también aparecen fragmentos de carácter técnico, como demostraciones o explicaciones que, por su valor, nos han parecido que debían aparecer en esta antología *sui generis*. Podemos encontrar entre los textos transcritos algunos de gran interés, como una más que curiosa deducción cinética de la ecuación de estado de los gases ideales. Y esto, pasando por textos pseudocientíficos, académicos, satíricos, de interés para el estudio de la historia de la ciencia en Extremadura, de la historia de la física en el primer tercio del siglo XIX y, en general, de gran utilidad para el estudioso del siglo XIX español.

Se ha intentado que las transcripciones sean fieles a los textos originales, manteniendo la ortografía del autor y las erratas del original. Pese al cuidado y esmero que se ha puesto en las transcripciones, no dudamos que se encontrará algún fallo en ellas. Sólo queda apuntar que los asientos bibliográficos se encuentran ordenados por autores y que el formato utilizado ha sido:

[nº de registro]

[título de la obra] / [autor o autores].– [edición].– [lugar]: [imprenta], [año].– [páginas]; [tamaño]; [signatura].

AGUILAR, Antonio.

Astrónomo y meteorólogo español. Nació en Madrid en 1820. Fue catedrático en las universidades de Valladolid, Santiago de Compostela y Madrid. También ostentó los cargos de Director del Observatorio de Madrid y secretario perpetuo de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Murió en Madrid en 1882.

1

Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la Península desde el día 1º de Diciembre de 1871 al 30 de Noviembre de 1872 / Dirección de Antonio Aguilar.— Madrid: Imprenta de Miguel Ginesta, 1873.— XIII+304 p.; 23 cm.; sign. 55-58.

Se trata de un volumen publicado por el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid en el que se recogen las observaciones astronómicas realizadas en la península Ibérica.

2

Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la Península desde el día 1º de Diciembre de 1872 al 30 de Noviembre de 1873 / Dirección de Antonio Aguilar.— Madrid: Imprenta de Miguel Ginesta, 1875.— XIII+300 p.; 23 cm.; sign. 55-59.

Otro de los volúmenes de observaciones meteorológicas que publicó el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid bajo la dirección de Antonio Aguilar.

3

Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la Península desde el día 1º de Diciembre de 1873 al 30 de Noviembre de 1874 / Dirección de Antonio Aguilar.— Madrid: Imprenta de Miguel Ginesta, 1877.— XIII+300 p.; 23 cm.; sign. 55-60.

Otro de los volúmenes de observaciones meteorológicas que publicó el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid bajo la dirección de Antonio Aguilar.

4

Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la Península desde el día 1º de Diciembre de 1874 al 31 de Diciembre de 1875 / Dirección de Antonio Aguilar.— Madrid: Imprenta de Miguel Ginesta, 1878.— XIII+318 p.; 23 cm.; sign. 55-61.

En este volumen de observaciones meteorológicas reunidas por el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid se cambia el intervalo temporal (un año y un mes) respecto a los que nos tenían habituados en los tomos anteriores.

AMIGÓ Y CARRUANA, José M.

Catedrático de Física y Química en varios Institutos de Segunda Enseñanza a finales del siglo XIX y principios del XX.

5

Tratado de física elemental / José M. Amigó y Carruana.— Tarragona: Establecimiento tipográfico de Adolfo Alegret, 1889.— 731 p.; 22 cm.; sign. 53-128.

Este libro sobresale por su moderna orientación y sus contenidos innovadores, entre los numerosos textos de física de “Segunda Enseñanza” que existían en esa época. Estas características se ven reflejadas en el prólogo del autor:

“AL LECTOR

Hemos vacilado mucho antes de publicar este Tratado elemental de Física, continuación de la Mecánica dada á la luz pública en el año 1885. Como decíamos

en el prólogo de la citada obra, hemos adoptado un criterio intermedio entre las tendencias dominantes, único medio aceptable para una obra didáctica en esta época de transición que estamos atravesando, si bien fecunda para las Ciencias Físico-matemáticas, llena de dificultades para los que intentamos exponer de un modo claro y elemental, la Física de nuestros días.

El criterio que ha inspirado este tratado, responde á la necesidad ya reconocida por todos, de explicar en un solo curso la asignatura de Física, precedida siempre de un cursillo de Mecánica como fundamento y base de aquella, dejando para un curso separado la asignatura de Química como requiere la importancia de esta ciencia.

Creyendo siempre que un tratado elemental de una ciencia cualquiera, debe ser en pequeña escala un compendio fiel en la forma y en el fondo de la ciencia que expone, indicamos en esta obra con toda la claridad compatible con nuestras escasas facultades, el estado de la física contemporánea. La extensión del Libro permitirá, sin embargo, alguna reducción y supresión, el día próximo que impere en nuestras escuelas el método cíclico y progresivo destinado á regenerar la enseñanza.

Nuestros compañeros los ilustrados profesores de Física darán su fallo definitivo sobre este modesto ensayo, estando dispuestos á aceptar cuantas observaciones se dignen dirigirnos acerca del mismo.

Tarragona, 1889.

El Autor."

Como ejemplo de los contenidos innovadores de este texto, transcribimos una demostración de la ecuación de estado del gas ideal mediante consideraciones cinéticas. Este tipo de deducciones era excepcionalmente raro en los libros de texto de su época. De hecho, incluso en los textos utilizados en la universidad no encontramos razonamientos de este tipo.

"288. Ley Mariotte.- De la teoría de Clausius pueden deducirse las dos leyes fundamentales de los gases, debidas á Mariotte y á Gay-Lussac, fors. números 34 y 36.

Por vía de ejemplo deduciremos la primera: sea un cubo de lado l de un gas perfecto que contenga n moléculas, para calcular la presión que ejercen sobre las paredes es necesario calcular la acción de todas ellas en la unidad de tiempo y por lo tanto hay que multiplicar el efecto correspondiente á cada choque por el número de choques que cada molécula realiza en aquella unidad y por el número de estas moléculas.

Su velocidad v , igual para todas ellas será la diagonal de un paralelepípedo (*Mecánica*-27) y podrá descomponerse en tres velocidades perpendiculares á las aristas del cubo, v' , v'' , v''' , y escribiremos $v^2 = v'^2 + v''^2 + v'''^2$, componentes que podrán adquirir todos los valores comprendidos entre 0 y v . La presión ejercida por

la componente v' sobre dos caras del cubo será $2mv' \frac{v'}{l}$, siendo mv' la cantidad de

movimiento propio de la masa molecular m y v'/l el número de choques en la unidad de tiempo; cuyo número está en razón directa de la velocidad v' y en razón inversa de la distancia l que separa dos caras paralelas. La acción total de una molécula será

$$2 \frac{mv'^2}{l} + 2 \frac{mv''^2}{l} + 2 \frac{mv'''^2}{l} \text{ ó sea } \frac{2m}{l} (v'^2 + v''^2 + v'''^2) = 2 \frac{mv^2}{l}.$$

Siendo n el número de las moléculas, su acción sobre la superficie total del cubo será $\frac{2nmv^2}{l}$ y dividiendo por $6l^2$ superficie total de las seis caras para referir dicha

acción á la unidad de superficie, tendremos $P = \frac{mnv^2}{3l^3}$ y como l^3 es el volumen del

cubo, llamándole V , resultará $PV = \frac{1}{3}nmv^2$ n.º 41, fórmula que expresa algébricamente [sic] el teorema de Mariotte, puesto que el producto del volumen por

la presión en una masa gaseosa cuya temperatura no varía, es una cantidad constante $\frac{1}{3}nmv^2$.

De la forma cúbica se pasa fácilmente á una forma cualquiera, suponiéndola como un agregado de cubos infinitamente pequeños.”

ARIÑO Y SANCHO, Tomás.

Matemático, nació en Camarillas (Teruel) en 1827 y murió en Madrid en 1882. Empezó sus estudios en Daroca; pasó después a Valencia, en cuya Universidad estudió ciencias físico-matemáticas, graduándose de licenciado en 1852 y de doctor en 1855, y desempeñó, antes de concluir su carrera, la plaza de catedrático auxiliar del Instituto y la de profesor de la Escuela Industrial de aquella ciudad. En 1862 fue nombrado ayudante del Observatorio de Madrid; luego catedrático de álgebra superior y geometría analítica en la Universidad de Valencia, y de allí pasó en 1871 a la Central para explicar mecánica racional en la facultad de ciencias. A pesar de ser profesor de disciplinas matemáticas, su producción científica fue en física.

6

Manual de mecánica popular / Tomás Ariño y Sancho.— Madrid: Tipografía de Gregorio Estrada, 1878.— 240 p.; 17 cm.; 1 lám.; sign. 53-40.

Este volumen forma parte de los numerosos libros de ciencia a un nivel popular que salieron de la imprenta de Gregorio Estrada. La obra consiste en un tratado de mecánica sin grandes complicaciones matemáticas y muy elemental. El objeto del texto y el objetivo del autor queda reflejado en el prólogo, que a continuación se transcribe.

“PRÓLOGO

Poner al alcance de muchas personas, particularmente de las que frecuentan las escuelas de Artes y Oficios, los principios fundamentales de la ciencia, de las fuerzas y del movimiento, es el objeto de esta obra.

Para conseguirlo, hemos procurado exponer las teorías que abraza con sencillez y claridad, descartando, en cuanto lo abstracto de la materia lo consiente, todo razonamiento complicado y toda demostración que exija conocimientos elevados de matemáticas. Basta saber la Aritmética hasta las proporciones, y la Geometría hasta las figuras semejantes, para entender este Manual.

En él se comprenden los principios fundamentales de la ciencia del movimiento; y puede considerarse como un pequeño «Tratado de Mecánica general». A este seguirán, si las circunstancias nos favorecen, otros dos volúmenes que contendrán la Mecánica aplicada.

Para que la obra tenga el carácter didáctico conveniente, la hemos dividido en tres partes: *Cinemática*, *Estática* y *Dinámica*; cada una de estas partes en capítulos, y éstos en párrafos cuidadosamente numerados, á fin de que se puedan hacer las citas necesarias con facilidad. Y debe tenerse presente, que un número entre paréntesis indica que la verdad de que se trata se funda en lo dicho en el párrafo que lleva aquel número; y el lector no debe omitir *nunca* la lectura del párrafo citado.

Numerosos ejemplos numéricos acompañan á las teorías, para que éstas, y las fórmulas correspondientes, puedan ser fácilmente entendidas por el lector; y será muy conveniente que éste ejecute por sí las operaciones numéricas que comprenden estos ejemplos, los cuales pueden servirle como de norma para otros análogos que se le presenten.”

7

Manual de mecánica aplicada: fluidos / Tomás Ariño y Sancho.– Madrid: Establecimiento Tipográfico Editorial de G. Estrada, 1881.– 232 p.; 17 cm.; sign. 49-104.

De alguna manera, este libro es una continuación lógica del anterior. Se trata ahora de aplicar los conocimientos de mecánica a los cuerpos fluidos, es decir, tanto a gases como a líquidos. Copiamos la introducción del autor.

“INTRODUCCION.

I. Los principios de la Mecánica general explicados en el *Manual de Mecánica Popular* son aplicables á todos los cuerpos.

Los cuerpos en la naturaleza se presentan en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Para explicar estos tres estados de los cuerpos se admite, que sus moléculas están solicitadas por dos fuerzas, la *cohesion* ó atracción molecular, que tiende á aproximar las moléculas unas á otras, y la fuerza repulsiva, debida al calor que tiende á alejarlas.

Si predomina en los cuerpos la cohesion, se presenta el estado *sólido*, tienen una forma determinada y permanente, y se necesita un esfuerzo más ó ménos grande para separar sus moléculas.

Si la fuerza repulsiva es poco inferior á la cohesion, los cuerpos se presentan en estado *líquido*, no tienen forma determinada, toman fácilmente la de las vasijas que los contienen, y se necesita muy pequeño esfuerzo para separar sus moléculas. Y si predomina la fuerza repulsiva, los cuerpos se presentan en estado gaseoso, y sus moléculas tienden siempre á alejarse unas de otras.

Los estados de los cuerpos dependen de las circunstancias de temperatura y presión en que se encuentran; en general, todos los cuerpos pueden presentarse en los tres estados. Por ejemplo, el agua, á la presión ordinaria, se presenta en estado sólido á temperaturas inferiores á 0°; de 0° á 100° afecta el estado líquido, y á temperaturas superiores á 100° se presenta al estado gaseoso bajo la forma de vapor de agua.

Los líquidos y los gases toman en Mecánica colectivamente el nombre de flúidos. El estudio de los flúidos forma el objeto del presente volumen, en el cual comprenderemos las propiedades particulares que dependen de la constitución de los líquidos y de los gases, y las aplicaciones de estas propiedades al estudio de las máquinas y de los diferentes fenómenos mecánicos en que los líquidos y los gases intervienen de una manera importante.”

BENEJAM SAURA, Bartolomé.

8

Leyes y fenómenos / Bartolomé Benejam Saura; prólogo de Juan Benejam.– Ciudadela de Menorca: Imprenta y librería de S. Fábregues, 1898.– 145 p.; 18 cm.; sign. 50-1.

Llevar los conocimientos más básicos de la física a la escuela fue un reto para algunos educadores de finales del siglo XIX. En la segunda enseñanza abundaban textos de física y química pero, sin embargo, los libros de física para su uso en escuelas eran muy raros. El texto que nos ocupa es uno de estos ejemplos de autores preocupados por este tema. El padre del autor explica en una breve nota la razón de ser de este texto:

“A MI QUERIDO HIJO

EL AUTOR DE LA PRESENTE OBRITA

Desde que abandonaste la Universidad por la Escuela Normal, te he visto dedicado al estudio de las Ciencias, que deseo prosigas cultivando. Pero como la desaparición de tu hermano mayor de este valle de lágrimas y miserias ha quebrantado mis fuerzas y abatido mi espíritu, tú has querido compartir conmigo las tareas de LA ESCUELA PRÁCTICA, sintiéndote animado para escribir esta obrita.

Tales deseos han llenado mi alma de legítima satisfacción; y aunque reconozco que tu edad juvenil no es la más á propósito para dar publicidad á los conocimientos que vas atesorando, tu intento loable, tus entusiasmos y la materia que has elegido, me colocan en una situación de ánimo muy rayana al beneplácito.

Pero entienda el benévolo lector que ese intento no ha nacido tan sólo de una filial solicitud, sino que deseas como maestro, nutrido con la savia de mis ideales en punto á la enseñanza, que los niños conozcan las leyes y fenómenos de la Naturaleza, que tan cerca nos tocan todos los días, á fin de que se den razón de todas aquellas cosas que forman una parte integrante de nuestra existencia y que, como obra del Creador, andan muy por encima de las humanas creaciones.

Las leyes y fenómenos de la Naturaleza, para la mayor parte de los hombres vienen á ser letra muerta. Se vive en un lamentable olvido sobre los agentes naturales y los efectos que producen; y esto dimana en gran parte de no haberse introducido su estudio en nuestras escuelas, á no ser de una manera incompleta, así muy de pasada, por medio de tal ó cual obrita de carácter enciclopédico.

Sin que me cieguen paternos sentimientos, me gusta la sencillez y claridad como tratas la materia, sacrificando esa pueril vanidad de los autores noveles y de otros muchos que no lo son, los cuales sólo tratan de gallardearse y lucir conocimientos con frase harto elevada, si no pedantesca y confusa, sin tener en cuenta el medio ambiente en que sus libros se han de mantener.

Sólo de esta manera puedes servir á la santa causa á que tú y yo nos hemos consagrado, con más esperanza en Dios que en los hombres; y al mismo tiempo me prestas a mí, tu padre, un señalado servicio, porque mientras me dedico á escribir y publicar, amén de LA ESCUELA PRÁCTICA, un libro de alguna extensión como será VULGARIZACIONES CIENTÍFICAS, tú has tomado a tu cargo, aunque por corto período de tiempo, llenar el compromiso que tengo contraído con los abonados á la precitada Revista.

Juan Benejam.

Ciudadela de Menorca, 1.º de Enero de 1898.”

BEUDANT, F. S.

Mineralogista y físico francés (París 1787-id. 1850). Encargado de una misión mineralógica en Hungría (1818) y catedrático de mineralogía de la facultad de ciencias de París (1822). Observó antes que Mitscherlich el fenómeno del isomorfismo. Fue miembro de la Academia Real de Ciencias de París, caballero de la Legión de Honor.

9

Tratado elemental de física. Tomo I / F. S. Beudant; traducido por Nicolás Arias.— Madrid: Imprenta de D. Miguel de Burgos, 1830.— XVI + 444 p. + 6 lám.; 21 cm.; sign. 54-138.

La traducción de Nicolás Arias pasa por ser una de las más importantes obras de física en España en el primer tercio del siglo XIX.

Nicolás Arias introdujo la siguiente nota para el lector:

“Al traducir el curso de física de Mr. Beudant, he tenido presente que es el mas sencillo de los escritos en idioma francés, sin dejar por eso de ser sumamente completo, pues no omite la investigacion y explicacion de ningun fenómeno. Su sencillez es tal, que las teorías estan al alcance de cualquiera, que no exigen conocimientos muy profundos en las matemáticas, á causa de no entrar en pormenores de cálculos muy complicados, fundándose el autor para esto en que la mayor parte de los establecimientos literarios donde se enseña la física, no piden de los alumnos los conocimientos suficientes para comprender los cálculos sublimes que se hallan en la generalidad de las obras que versan sobre esta ciencia.

Si Mr. Beudant se funda en esta consideracion para no hacer mas que indicar el camino que debe seguirse para obtener los resultados que manifiesta, estando en Francia, donde la principal base de la educacion son las matemáticas, con mucha mas razon debe ser aplicable en España, donde, á pesar de que estan bastante

extendidos los conocimientos analíticos, es sabido que la mayor parte de los jóvenes no pasan del primer año de matemáticas puras.

Tambien ha motivado á Mr. Beudant á seguir este camino otra consideracion bastante importante, cual es la de que en muchas de las investigaciones matemáticas sobre cuestiones físicas, no es posible hacer entrar en el cálculo todos los datos precisos para formar la correspondiente ecuacion, y resolverla completamente: asi es que suelen encontrar fórmulas, ó sumamente complicadas y de muy difícil aplicación; ó incompletas por decirlo asi, que producen resultados poco concordes con los que da la experiencia. He aquí por qué el autor indica los resultados del cálculo, y á continuacion manifiesta los experimentos que comprueban ó modifican estos mismos resultados.

No debe deducirse de aquí que el análisis es inaplicable á la física experimental: antes al contrario es útil y aun indispensable en muchos casos. Partiendo el cálculo de un hecho dado por los experimentos físicos, deduce consecuencias que concuerdan admirablemente con los experimentos sucesivos; y apoyados así mutuamente, el cálculo y la experiencia confirman las teorías ó demuestran sus imperfecciones. De este modo es como se han hecho en Francia, Alemania é Inglaterra asombrosos descubrimientos en las ciencias naturales, uniendo á la mas escrupulosa observacion el analisis mas riguroso. Por esta razon, y previo el dictamen de varios profesores distinguidos de esta corte, he creido oportuno añadir al fin de la obra algunas notas, donde se expondrán los métodos mas sencillos para demostrar las proposiciones que Mr. Beudant no hace mas que enunciar, como son las del movimiento y equilibrio de los cuerpos, péndulo, barómetro, &c. Me ha parecido conveniente reservar estas adiciones para el final por no alterar el texto del autor, ni su objeto de poner al alcance de los menos instruidos los conocimientos de la física. De este modo hallarán en las notas los mas adelantados lo suficiente para convencerse de la exactitud de los resultados citados por Mr. Beudant, y de la concordancia del cálculo con la experiencia.

Con el objeto de poner la física al alcance de todo el mundo, indica siempre Mr. Beudant el modo mas sencillo de hacer los experimentos que cita; lo cual no puede menos de producir buenos resultados en nuestra nacion, donde existen pocos gabinetes de física, y conviene, por decirlo asi, crearlos para propagar la aficion que se nota ácia tan importante, amena y útil ciencia; para cuyo cultivo no tienen los españoles menos felices disposiciones que los individuos de los demas paises.

Valiéndose, pues, de los sencillos aparatos que describe Mr. Beudant en todos los párrafos de su obra se consigue formar á poca costa un gabinete de física por medio del cual se comprueban los experimentos que cita, difundiéndose así mas y mas la aficion á este ramo, que puede servir de estudio, utilidad y recreo; quedándose los grandes aparatos é instrumentos para los gabinetes públicos de los establecimientos literarios donde se enseñe con mayor extension.

Al publicar Mr. Beudant la primera edición de su obra, expresaba su deseo é intencion de que fuese útil á los jóvenes que se dedican al estudio de las ciencias naturales, prometiendo que si se llegaban á hacer ediciones sucesivas, corregiría los defectos que pudiesen notarse, y expondría los descubrimientos que fuesen haciéndose sucesivamente. Así lo ha hecho fielmente en sus ediciones posteriores, habiendo merecido su obra tal aceptacion en Francia, que la universidad la ha señalado para asignatura de la enseñanza de física experimental en los colegios reales. No debo omitir que la primera edicion de esta obra sirvió en España de texto en el curso de física experimental que se explicó en los años 1819 y 1820, en la cátedra de física y química que existía establecida en el real palacio, fundada y provista de un completo gabinete y laboratorio por el serenísimo señor infante don Antonio, quien la puso á cargo del sabio profesor don Juan Mieg, mi digno maestro.

La última edicion, que tengo el honor de presentar al público traducida sin la menor alteracion, ha sido publicada en Paris el año de 1829, y contiene los mas modernos descubrimientos hechos en muchas importantes teorías, tales como las del sonido, calórico, luz, y mas particularmente en las de la electricidad y magnetismo,

variadas notablemente respecto de las primeras ediciones por los trabajos de MM. Ampère, Biot y otros sabios que han logrado averiguar que el magnetismo no es mas que un caso particular de la electricidad. Todos estos resultados, y la sencillez con que estan expuestos, dan á la obra de Mr. Beudant el mayor interés, colocándola en la línea de las mejores para la enseñanza elemental de la física.

En la traducción del texto no he hecho la mas mínima novedad por no permitirlo el orden sumamente filosófico con que está escrito, ni la naturaleza de la materia. Unicamente he sustituido á la tabla alfabética que pone el autor en su cuarta edicion, otra analítica, análoga á la que puso en la primera, y que me parece mas conforme con el orden de la obra por servirle de índice. Por razon del enlace de las materias he conservado la numeracion de los párrafos, seguida en los dos tomos de que consta, á fin de no alterar las citas por una variacion del todo insignificante. Al mismo tiempo he cuidado de reducir las dimensiones y medidas francesas á las correspondientes castellanas, condición indispensable para facilitar su inteligencia.

El público juzgará el mérito de la traduccion, disimulando los defectos que pueda tener, supuesto que al apelar á su juicio, creo será indulgente por el servicio que juzgo haberle hecho, especialmente á los jóvenes que se dediquen al estudio de física experimental, y demas ciencias naturales, por la escasez de libros elementales en nuestro idioma, y la necesidad que es consiguiente de tenerlos que traer del extranjero, con graves dispendios y pérdida de un tiempo precioso.

Quedará bastante recompensado mi trabajo si por medio de la presente traduccion se difunde mas y mas el gusto y aficion á las ciencias naturales, cuyo estudio patrocina especialmente la sabiduría de nuestro amado Soberano y la ilustracion del gobierno, como bases de la prosperidad pública.”

Tras esta extensa nota del traductor, aparece en el volumen la introducción del autor:

“Cuando muchas ciencias tienen entre sí una conexión muy íntima, encontrándose y aun confundiéndose en muchos puntos, y separándose considerablemente en otros, es sumamente esencial al que las estudia adquirir ideas claras acerca de las diferencias que se pueden tener entre sí, y de los puntos de contacto que pueden presentar. Esta consideracion nos ha determinado á poner en este lugar un cuadro comparativo de las ciencias matemáticas y las ciencias físicas, cuyos elementos forman parte de la educacion de la juventud, para hacer conocer los principales rasgos que las distinguen y caracterizan sus diferentes divisiones.

Las ciencias matemáticas, haciendo abstraccion de la naturaleza de los cuerpos, tienen por objeto el estudio de las relaciones que existen entre las cantidades ó magnitudes, tomadas idealmente ó figuradas en el espacio de diferentes modos, ó consideradas en las fuerzas que pueden solicitar á los cuerpos.

Las ciencias físicas tienen por objeto el estudio de la naturaleza de los cuerpos y de sus propiedades, como tambien la observacion de los diversos fenómenos que resultan de sus acciones recíprocas.

Ciencias matemáticas.

El matemático hace frecuentemente abstraccion del espacio y de todas las propiedades visibles de los cuerpos, para no considerar mas que magnitudes ideales, representadas por letras ó signos particulares, y examinar mas facilmente los incrementos, los decrementos, ó las combinaciones de que son susceptibles: esto es lo que constituye la *aritmética*, el *álgebra*, el *cálculo diferencial é integral*, y el *cálculo de las variaciones*.

Otras veces, circunscribiendo el matemático el espacio, examina las propiedades generales de la extension limitada y figurada de diversos modos. Considera las varias clases de líneas, y las superficies de diversas formas; estudia las circunstancias de sus contactos ó intersecciones mútuas, ó mide estas lineas y estas superficies, como tambien los volúmenes que comprenden. Estas consideraciones son el objeto de las investigaciones de la *geometría*, de la *trigonometría*, de la *aplicación del análisis general á la geometría*. El geómetra, considerando tambien

en el espacio figuras diversas, busca medios para representarlas exactamente sobre planos colocados delante de ellas de diferentes modos. Este es el método de las proyecciones que se designan en general bajo el nombre de *geometría descriptiva*.

Estos diferentes ramos de la ciencia constituyen lo que se llaman las *matemáticas puras*; y aunque conducen á determinar exactamente las diversas proporciones de la magnitud, consideradas bajo todos los aspectos en nuestros usos habituales; se debe notar que son producidas enteramente por nuestro entendimiento, no tomando á lo mas de la observacion sino algunas ideas muy generales y sencillas sobre la extension y figura de los cuerpos.

Las *matemáticas aplicadas*, ó *mixtas*, se enlazan mas íntimamente con las ciencias físicas. El geómetra toma desde luego de la observacion el conocimiento de las propiedades que presentan los cuerpos en estado sólido, en estado líquido, y en estado de fluido aeriforme; supone en seguida fuerzas cuya accion se verifica chocando, tirando ó empujando los cuerpos, ya inmediatamente ó ya por intermedio ó interposicion de otro cuerpo. De todo ello deduce las leyes del equilibrio y del movimiento y todas las demas que constituyen la *mecánica racional*.

El geómetra extiende sus investigaciones á los movimientos de los cuerpos solicitados por fuerzas cuyo principio nos es desconocido todavía, y que no se manifiestan á nuestros sentidos sino por medio de los fenómenos á que dan origen. Tales son los movimientos producidos por la gravitacion universal, por las atracciones y repulsiones eléctricas ó magnéticas; tales son también los movimientos del calórico y de la luz. Pero para establecer sus cálculos, toma el geómetra de las ciencias físicas, las leyes que existen entre los diferentes fenómenos de mismo género; y entonces es cuando ambas ciencias adquieren tal enlace, que es imposible hacer progresos notables en una, sin tener conocimientos muy profundos en la otra. La experiencia suministra bases al cálculo; y este con su ordinaria fecundidad, partiendo de una sola observacion, conduce á multitud de consecuencias que sobrepujan muchas veces á las observaciones sucesivas del mismo género, ó las originan. Asi es como la *astronomía*, la *óptica*, la *acústica*, &c. han llegado á ser ciencias que pertenecen del mismo modo al cálculo que á la observacion.

De esta sencilla exposicion resulta que, si el estudio de las matemáticas puras, ó á lo menos de parte de ellas, debe preceder al estudio de las ciencias físicas para dar exactitud á nuestro entendimiento é ilustrarnos en nuestra marcha; del mismo modo el estudio de las ciencias físicas debe preceder á su vez al de las matemáticas mixtas ó aplicadas. En este caso el físico debe tener por objeto el descubrir las relaciones que existen entre los diferentes fenómenos del mismo género; por consiguiente, en el estudio de la naturaleza es preciso siempre comparar cuidadosamente las observaciones entre sí, para averiguar sus mútuas dependencias y reunir las en ciertos grupos formados sobre algunos fenómenos de los cuales cada uno pueda considerarse como el principio de todos los que le rodean.

Ciencias físicas.

El físico en medio del inmenso cúmulo de objetos ácia donde dirigir sus indagaciones, hace tambien abstraccion, ya de algunas partes del universo para examinar mas facilmente las otras, ó ya de las propiedades individuales de los cuerpos, para considerarlos bajo relaciones mas generales, y llegar poco á poco á examinarlas separadamente.

Las *ciencias físicas* se dividen principalmente en *astronomía*, *geografía*, *física*, *química*, é *historia natural*.

La *astronomía* dirige sus indagaciones sobre los cuerpos colocados en los espacios celestes; establece las pruebas de la estabilidad de unos, determina sus situaciones respectivas, y examina los diversos movimientos de otros. Observa el tiempo de una rotacion del sol ó de los planetas sobre sus ejes; la duracion de una revolucion completa de cada planeta alrededor del sol, y la de los diversos satélites, ó *lunas*, al rededor de sus planetas; examina la especie de curva que estos cuerpos describen al rededor de su centro de movimiento.

La comparacion de estos diversos fenómenos conduce al descubrimiento de la *gravitacion universal* ó *atraccion*, que es la base de la *astronomía matemática*.

La *geografía* se ocupa en todo lo que pertenece en particular al globo terrestre: se divide en muchas partes, á saber: 1.^a La *geografía teórica ó matemática*, que partiendo de las observaciones astronómicas, considera á la tierra como un cuerpo geométrico aislado en el espacio, dotado de un movimiento continuo de rotacion sobre su eje, y de revolucion al rededor del sol. Enseña a fijar exactamente, por la observacion de los astros, la posicion de los lugares que se pueden recorrer, y por consiguiente la situacion relativa de los diferentes puntos de la superficie terrestre; manifiesta tambien los principios matemáticos necesarios al levantamiento de planos, y á las diferentes proyecciones y trazados de cartas geográficas. 2.^a La *geografía física*, que tomada en la acepcion mas lata se subdivide en otras dos ramas. Una trata de la configuracion exterior del terreno, determinando la figura de los mares, los contornos de las tierras que forman sus límites, la posición de las islas, la de las montañas, su direccion, sus vertientes, su configuracion exterior, y por consecuencia la forma de las llanuras, y la direccion de los valles y rios. La otra trata de la composición del terreno, de la naturaleza y posicion respectiva de las diferentes capas minerales. Esta parte, que recibe particularmente el nombre de *geognosia*, corresponde tambien al dominio de la *historia natural*, lo mismo que la que trata de la distribucion de las diversas especies de animales y vegetales en los diversos climas y terrenos. 3.^a La *geografía histórica, civil y política* que pertenece particularmente á la historia de los pueblos que se han sucedido en los diversos paises, ó que estan establecidos actualmente en ellos; trata de las costumbres, de la industria y de las diferentes relaciones que estos pueblos pueden tener mutuamente.

La *física*, la *química* y la *historia natural* se ocupan en todo lo que es relativo á los diferentes cuerpos que se hallan en la superficie ó en el interior de la tierra.

La *física*, haciendo abstracion de la composicion de los cuerpos y sus propiedades individuales, y dejando á la *historia natural* todo lo que es relativo á la estructura y funciones de los cuerpos organizados, considera las propiedades mas generales que presentan las materias inertes en estado sólido, en estado líquido, en estado de fluido aeriforme, y en el de fluido incoercible ó imponderable. Examina las acciones mecánicas que estos cuerpos en estos diferentes estados ejercen unos sobre otros, y los diferentes fenómenos que presentan en sus movimientos.

La *química* se ocupa en la investigacion de los principios constitutivos de los cuerpos; examina las propiedades particulares de cada uno de los *elementos* ó *cuerpos simples* que los componen; indaga las combinaciones que estos elementos pueden formar unos con otros, y las acciones que pueden ejercer sobre tal ó tal cuerpo compuesto. Estudia las acciones recíprocas que los cuerpos compuestos pueden tener sobre sí mismos para formar nuevas combinaciones.

La *química* toma el nombre de *mineral, vegetal ó animal*, según dirige sus indagaciones sobre uno ú otro de los tres reinos de la naturaleza.

La *historia natural* estudia las formas y las diversas propiedades que presentan cada uno de los cuerpos que existen en la superficie ó en el interior de la tierra. Examina la estructura de los cuerpos desprovistos de la organización necesaria para las funciones vitales: estudia la organización y funciones de los seres vivientes: se ocupa en las diversas clasificaciones que pueden facilitar el estudio de los cuerpos, y sobre todo procura disponerlos en un orden metódico el mas conforme posible á sus analogías. Se divide en *mineralogía, botánica y zoología*.

La *mineralogía* ó *historia natural de los cuerpos inorgánicos* comprende: 1.^o La descripcion y clasificacion de estos cuerpos: 2.^o La *geología*, que trata de la posición geográfica de las diversas sustancias minerales, de sus posiciones respectivas, unas respecto de otras, de la antigüedad relativa, de las diferentes capas minerales del globo; en fin, de las modificaciones que ha sufrido y sufre habitualmente la tierra por la accion de la atmósfera, de las aguas, volcanes, &c.

La *botánica* ó *historia natural de los vegetales* comprende: 1.^o La descripcion y clasificacion de las especies: 2.^o La *geografía botánica*, que trata de las

disposiciones de los vegetales en diversos grupos particulares según las diferentes partes de la superficie de la tierra: 3.º La *anatomía* y la *fisiología vegetales*, que tratan de la organización de los vegetales y de los diferentes fenómenos de la vegetación.

La zoología ó historia natural de los animales comprende: 1.º Su descripción y clasificación: 2.º La geografía zoológica, análoga á la geografía botánica; y 3.º la anatomía y fisiología animales, que tratan de la organización de los diferentes animales, de las diferentes funciones de sus órganos, y de los fenómenos de la vida animal.

En la enumeración que acabamos de hacer no comprendemos los diferentes *artes* que se enlazan con las ramificaciones de la *historia natural*, ó mas generalmente con las diferentes ramas de las *ciencias físicas*. Por ejemplo, el *arte de la minería*, que procede inmediatamente del estudio de las especies minerales, de la geología y de la química: la *agricultura*, que procede del estudio de las diversas especies vegetales, del de su organización y del de los diferentes fenómenos de la vegetación.

La *medicina* y *cirugía*, que dirigen particularmente sus investigaciones á los males que afligen á la humanidad; y la *veterinaria*, que estudia los males que acometen á nuestros animales domésticos; son aplicaciones continuas de la fisiología y de la anatomía animal, como tambien del conocimiento de las varias propiedades de los vegetales, &c.

El arte del alfarero, vidriero, tintorero, curtidor, &c., &c., aunque practicados mucho tiempo antes de que se tuviesen conocimientos exactos sobre las ciencias físicas, sacan de ellas todos los dias aplicaciones de la mayor importancia, tanto que ellas solas pueden conducir las á su perfección y hacer salir á los operarios de la ciega rutina. Tendremos, pues, ocasión de citar las varias aplicaciones de las ciencias físicas á las artes, y tambien á las diversas necesidades de la vida.

Si las diferentes divisiones que acabamos de establecer en las ciencias físicas, indican desde luego bastante bien los diferentes caminos que pueden seguirse para llegar á conocer la naturaleza, no debe concluirse de esto que permanecen así aisladas y separadas unas de otras en toda su extensión: al contrario se las ve acercarse, divergir y cruzarse alternativamente, concluyendo muchas veces por confundirse. Pero lejos de que esto sea un inconveniente, es una ventaja preciosísima, pues las mismas verdades descubiertas por muchos caminos, adquieren mayor solidez, y prestándose todas las ciencias mútuos auxilios, se afirman y se ilustran recíprocamente.”

10

Tratado elemental de física. Tomo II / F. S. Beudant; traducido por Nicolás Arias.— Madrid: Imprenta de D. Miguel de Burgos, 1830.— IV + 404 p. + 9 lám.; 21 cm.; sign. 54-139.

Al igual que el primer tomo, el traductor inserta una advertencia:

“ADVERTENCIA DEL TRADUCTOR

En este segundo volumen se presenta lo relativo al calórico, luz y electricidad. Según los últimos trabajos de Mr. Ampère el magnetismo no forma mas que una rama de la electricidad, y como tal explica Mr. Beudant sus fenómenos en un capítulo del libro VII. Con esto quedaba completa la traducción de la obra de Mr. Beudant; pero como en algunos párrafos indica fórmulas algebraicas, sin deducirlas, he creído conveniente poner la deducción de las mas interesantes, procurando siempre elegir las demostraciones mas sencillas para que puedan estar al alcance de todos. Esta es la razón por la cual no he puesto algunas demostraciones de estática y dinámica, cuya deducción se hace por medio del cálculo diferencial. Me he limitado, pues, á entresacar de las obras de mecánica de Boucharlat, Francoeur, Fischer, Vallejo, y otras, las demostraciones mas sencillas del paralelogramo de las fuerzas, movimiento acelerado, curvilíneo y de proyección, péndulo, bombas y capilaridad, incluyendo un extracto de la deducción de la fórmula barométrica para medir alturas por Mr. Biot. Bien quisiera que mi trabajo fuera lo mas perfecto posible; pero en la imposibilidad de serlo, espero que la indulgencia de los lectores suplirá las faltas en

que haya podido incurrir, atendiendo al buen deseo con que presento al público la cortedad de mis tareas; deseo que no es otro que el de propagar mas y mas la afición á las ciencias naturales entre mis compatriotas.”

11

Nuevas adiciones al tratado elemental de física / F. S. Beudant; traducido por Nicolás Arias.— Madrid: Imprenta de D. M. de Burgos, 1834.— VIII + 18 p.; 21 cm.; sign. 54-139.

Pese a que el autor ‘formal’ de este opúsculo es Beudant, lo cierto es que la gran parte de la obra es original de Nicolás Arias. Éste incluye una advertencia y una extensa introducción para explicar su propósito. Esta introducción constituye un documento de gran interés para el estudio de la física española en el primer tercio del siglo XIX. Nicolás Arias hace un repaso de las diferentes instituciones y gabinetes en donde se explica la física y se hacen experimentos. Aquí podemos apreciar cómo los acontecimientos políticos marcaron decisivamente la trayectoria de la física en España durante el siglo XIX. Transcribimos, por lo tanto, la advertencia y la introducción de Nicolás Arias.

“ADVERTENCIA.

El haberse hecho una nueva edicion del Beudant en Paris ha motivado estas adiciones; pero como mas bien que tal edicion puede llamarse reimpresion, pues solo tiene tres páginas nuevas en toda la obra, he tenido que añadir otras adiciones á las tres levísimas que pone el autor. Así pues, los que tengan la traduccion hecha y publicada por mí, con este corto opúsculo pueden asegurar tener en su poder la quinta y última edicion francesa, amplificada notablemente. Las otras seis adiciones son enteramente un trabajo nuevo, dirigido á que la juventud se aplique é investigue por sí misma algunos ramos de las ciencias naturales.”

“El mejor prólogo al opúsculo que presento, me parece sin duda será una brevísima ojeada sobre el estado de la física entre nosotros, al menos desde principios del siglo actual en el que, así esta como las demas ciencias naturales, han hecho maravillosos progresos en el extranjero.

Al principio de este siglo existia en esta Côte una cátedra especial de química, al cargo de don Luis Proust, en la que tambien se daban algunas nociones de física experimental. Existian igualmente cátedras de este ramo con sus competentes gabinetes en el Real seminario de Nobles, y en los estudios públicos de san Isidro. Se empleaba en la enseñanza un año ó curso regular, como sucedia en la cátedra establecida en Segovia con destino á los alumnos del Real cuerpo de Artillería.

Vino la memorable época de 1808, en que la Nacion Española, despreciando todas las ventajas que el vencedor de Marengo la ofrecia, solo consultó á su decision y patriotismo, y solo atendió á la conservacion de su independencia y dignidad nacional, consiguiendo á fuerza de heróicos sacrificios no verse sujeta al duro yugo del despotismo militar. Pero, ¡cuan cara pagó esta gloria! Todo cuanto habia adelantado en ciencias, artes é industria, se vió perdido por los desastres de una lucha exterminadora y sin ejemplo.

Mucho tardaron en restablecerse algunos de los pocos establecimientos científicos y literarios que existian antes, y aun algunos no han vuelto todavía á su primitivo grado de esplendor. Sin embargo, las ciencias físicas no fueron en esto las mas desafortunadas. El Sermo. Sr. Infante D. Antonio habia adquirido en su cautiverio una extraordinaria afición al estudio de la física y la química. Formando á toda costa un completo y grandioso laboratorio químico, y un gabinete físico, trajo tambien al digno profesor don Juan Mieg, para que no solo cuidase de ambos, sino instruyese á una escogida parte de la juventud española. Llevó su benéfico amor á la ciencia hasta el extremo de admitir á las lecciones de su Real estudio, presididas por S. A. en persona, á unos cuantos jóvenes. Treinta alumnos ó discípulos de número, y otros tantos oyentes, mitad militares y mitad paisanos, fue el número últimamente señalado para disfrutar de tan singular beneficio. Parte de los oyentes eran profesores ya formados en varios ramos análogos, á quienes se llamaba para que adquiriesen mas solidez en sus conocimientos viendo las operaciones prácticamente. Los jóvenes alumnos debian reunir ciertas circunstancias oportunas para que,

formándose en aquella escuela, fuesen con el tiempo buenos profesores.

Duraba la enseñanza cuatro años, dos para la química y otros dos para la física. Un día se explicaba la lección con toda prolijidad, y al siguiente se repetían los experimentos, ó se hacían las operaciones que no podían presentarse en la cátedra. No se escaseaba ningún gasto para hacer cuantos experimentos y manipulaciones exigía la materia de que se trataba.

Muchos de los jóvenes que allí estudiaron ocupan ahora puestos que solo deben á la generosidad de tan benéfico personaje, que estimuló su aplicación y dio á conocer su mérito. Don Antonio Moreno, que se halla al frente de la farmacia española: don Alejandro Olivan, que desempeña la cátedra de química aplicada á la artes en la Habana: don Saturnino Montojo, primer ayudante del observatorio astronómico de san Fernando: don Francisco Martinez Robles, que ejerce una cátedra de agricultura, y otros muchos que omito en obsequio de la brevedad, allí estudiaron los elementos de las ciencias naturales que luego desarrollaron en sus respectivas carreras.

Yo también tuve, aunque sin méritos por mi parte, el honor de asistir, primero como oyente y después como discípulo numerario, á gran parte del curso de química, y á todo el que se explicó de física. Allí adquirí las cortas luces que poseo en la materia, á par de la sobrada afición que me arrastra, acaso demasiado, si en ciencias cabe demasía.

¡Qué de óptimos frutos hubiera producido semejante establecimiento con los preciosos elementos que le constituían! Y ¿cómo hubiera sido posible que dejase de llenar el grandioso objeto que su augusto fundador se proponía? Pero, ¡oh fatalidad humana! Ni aun siquiera tuvo S. A. el placer de ver completa la primera de las enseñanzas que estableció, la química. La inexorable Parca arrebató á las ciencias naturales un distinguido Mecenaz, un celoso protector, que hubiera sido la égida de sus profesores, y siempre hubiera cubierto con su poderoso influjo de todo ataque á las pacíficas y encantadoras química y física. Recibida pues, ya que no sea dada otra cosa, este leve pero público homenaje de gratitud que por mi mano, aunque poco digna de tan alto honor, le consagran cuantos han saludado los estudios de la naturaleza en nuestro suelo.

Nuestro difunto Soberano el Señor Don Fernando VII (Q. D. D. G.) tomó bajo su protección el establecimiento, y la malograda Isabel de Braganza sucedió [sic] á su benéfico tío en los cuidados del mismo con igual afición, hasta su temprana muerte. Pero cuando estaba la cátedra del Real palacio en su mayor auge, vinieron los sucesos del año 1820, y por una fatalidad inexplicable se cerró el establecimiento. Dispersáronse los alumnos para nunca más reunirse, y se distribuyeron con harto dolor del profesor y de los mismos discípulos los tres ramos que se habían reunido química, física y mineralogía. Los instrumentos y aparatos de física, después de andar errantes por varios puntos, por *sótanos* y *desvanes*, han vuelto al fin á colocarse en el Real palacio, en un nuevo gabinete que no presenta más que un árido esqueleto, una sombra de lo que fue.

En el año 1821 se refundieron las cátedras del Real palacio y seminario en la universidad Central, poniéndose la asignatura de física á cargo del referido don Juan Mieg, que la desempeñó con igual esmero que antes. También siguió la cátedra de los estudios de S. Isidro. Además, la asociación conocida con el nombre de Ateneo Español estableció un gabinete y cátedra de pequeños recursos al principio, pero que paulatina y sucesivamente se proponía enriquecer. Desempeñaba la enseñanza con acierto uno de los alumnos del Real palacio, el referido don Saturnino Montojo.

Las nuevas vicisitudes de 1823 volvieron á suspender los estudios de tan ameno ramo, destruyendo las dos cátedras de la universidad y del Ateneo. Duró la suspensión hasta que, restablecido el orden, volvieron los PP. de la compañía de Jesús á plantear la cátedra del seminario de Nobles, para solo los seminaristas, y tomaron á su cargo la pública de S. Isidro, única que hay en esta Corte. Digo única, porque en el Real Colegio de farmacia, aunque se enseña física, solo es con aplicación al objeto principal del Instituto, y en un tiempo sumamente limitado. Lo mismo sucede en los demás Colegios de farmacia del reino.

No obstante, no debo pasar en silencio la cátedra que en el Real conservatorio de artes desempeña don Antonio Gutiérrez, que, como es notorio, ocupa justamente el primer lugar entre los profesores españoles, de ciencias exactas y naturales. A los muchos servicios de su infatigabilidad las ha prestado, especialmente á la física, instruyendo siempre á todos con la mayor generosidad y desinterés, se añade actualmente el de que en su cátedra, á pesar de que la asignatura es puramente de aplicación á las artes, se hacen cuantos experimentos es posible sobre todos los ramos y teorías de la ciencia. Otras varias cátedras de esta misma naturaleza se han mandado establecer en provincias

Tambien creo oportuno citar en este lugar la existencia de otro gabinete de física que actualmente está formando en el mismo Real palacio S. A. el Sermo. Sr. Infante D. Sebastian, quien muestra mucha afición á las ciencias naturales, afición que no puede menos de mirarse como de buen agüero para la futura suerte de tan útiles ramos del humano saber. ¡Ojala el irresistible embeleso que lleva consigo tan hermoso estudio haga de S. A. un nuevo protector ilustrado de las ciencias!

Tal ha sido la suerte de la física en la capital, y tal es su estado presente. En las provincias, por punto general, solo se enseña este ramo en las universidades; pero no en todas es la física experimental, sino la razonada ó escolástica, sin aparatos, sin experimentos. No es esto decir que no haya en algunos puntos profesores beneméritos é instruidos; pero no habiendo gabinetes puede mirarse como ilusorio el estudio de estas ciencias.

En Barcelona es donde tengo entendido se enseñan las ciencias naturales con alguna extension, existiendo formada una academia de ellas, pensamiento que seria de desear se imitase en esta Corte. Se ven pues adelantos y aplicaciones de estos ramos allí, y se enseña un año de química y otro de física experimental. A pesar de que el principal objeto de estas enseñanzas es la aplicación de las ciencias naturales á las artes y á la industria tan adelantada en aquel laborioso pais, se dá en lo posible toda la extension á las doctrinas, y se hacen cuantos experimentos permite un buen gabinete puesto en manos de un profesor hábil, don Pedro Vieta, que es en su línea de los de primer orden y goza de reputacion por decirlo así europea.

Hace poco tiempo los PP. de la compañía de Jesus han establecido en Valencia un colegio ó seminario, análogo al de Nobles de aquí, y en el cual enseñan, como en éste, un curso de física. En Alcoy se enseña tambien la física y mecánica con aplicación á las artes, por el benemérito profesor don José Subercase. Ignoro si hay algun otro establecimiento público en España destinado á la enseñanza de la física, y sólo sé que hay algunos gabinetes particulares, siendo digno de notarse el que posee en esta Corte el señor don Francisco Orlando, distinguido aficionado á las ciencias físicas, y sugeto instruido en diversas materias.

De todo lo dicho resulta que el estudio de la física no se halla en el grado que por sí requiere, faltando mas que todo, una cátedra ó escuela central, donde se enseñe con toda extension, y donde puedan formarse profesores que despues difundan los conocimientos de este ramo indispensable en el dia para hacer progresos en las ciencias naturales, comprender las que necesitan su auxilio, tales como la medicina y farmacia, y adelantar en las artes é industria. Es indispensable, repito, pues en el dia todos reconocen que los progresos de estos ramos citados dependen en mucha parte de los conocimientos elementales de aquellas.

Es de esperar que la decidida proteccion que nuestra amada reina gobernadora, la excelsa Señora Doña María Cristina, ha dispensado á la ilustracion general desde los primeros momentos de su bienhechor gobierno, no deje este ramo en el olvido. Por de pronto es una buena prueba de su amor á las ciencias el haber libertado de toda traba la publicacion de escritos relativos á ellas, y el solícito celo con que se esmera en remover cuantos obstáculos se oponen a su enseñanza*. Seria una ingratitud no manifestar esta dulce esperanza en uno de los primeros escritos que disfrutan de tan importante beneficio, debido á la generosidad de la benéfica madre de nuestra legítima reina Doña Isabel II.^a y de todos los españoles. La juventud española debe redoblar todos sus esfuerzos en hacerse digna de merecer su proteccion estudiando

sin cesar, á fin de que el reinado de su tierra Soberana sea, al par que el de la paz y felicidad de España, el de las ciencias y las letras. Perdónese esta breve digresion, hija de la lealtad, y volvamos al asunto principal.

El irresistible atractivo que por sí solo tiene el estudio de la física, lo *útil y dulce* de sus experimentos, que hacen, digámoslo así, entrar la ciencia por los ojos; las frecuentes comunicaciones de los españoles con los países extranjeros, donde las ciencias naturales están en un grado de esplendor difícil de concebir entre nosotros; y los rápidos progresos que por ellas han hecho la industria, las artes y otros importantes ramos, han creado entre nosotros, ya que no conocimientos muy profundos, á lo menos una decidida afición á iniciarse en los secretos de la naturaleza, y aunque sea sin entenderlas, todos hablamos de química, de física y de ciencias naturales.

De aquí el convencimiento de la necesidad de libros elementales en que aprender sus principios, y de ver experimentos que confirmen las teorías. Esto fue lo que me movió á traducir el *Curso de física de Mr. Beudant*, como el mas á propósito para el objeto. El éxito ha justificado mis esperanzas, pues la mayor parte de los profesores le recomiendan á sus discípulos, habiendo merecido que se designe por texto en las cátedras que dependen del Real Conservatorio de Artes. No es una obra que nada deje de desear, pero sí un guia fiel que conduce por la verdadera senda á los estudiosos, poniéndolos al corriente de los conocimientos actuales, por un método fácil y al alcance de todos.

No perdiendo nunca de vista mi primordial objeto, y hallándome en disposicion de seguir el hilo de los descubrimientos modernos, he formado las siguientes adiciones para transmitirlos á mis compatriotas. Pocos son en verdad por la naturaleza misma de la ciencia inmutable en sus principios, pero cada uno abre un vasto campo á la observacion y al cálculo.

Presento pues al público las cortas adiciones que he podido entresacar en el examen de varias obras modernas. Si mis tareas son útiles á alguno de los que se dedican á tan ameno, instructivo y utilísimo ramo de los conocimientos humanos, quedarán recompensados bastantemente mis desvelos, y conseguido mi objeto de difundir la afición y los conocimientos fisicos entre la juventud de mi patria.

Nicolás Arias.

(*) Despues de escrito todo este opúsculo, y en confirmacion de las fundadas esperanzas que la inmortal María Cristina hace concebir, he tenido la satisfaccion de saber ha prestado su sancion al establecimiento de una Academia de Ciencias Naturales en esta Corte, academia que para corresponder de un modo digno á tamaño beneficio, no dudo rivalizará con la nacional ya citada de Barcelona y con las mas acreditadas extranjeras. Los individuos que celosos de bien público y deseosos del adelanto de las ciencias han coincidido por decirlo así con mi pensamiento, y han establecido tan hermosa institucion, merecen que sus nombres no queden entregados al olvido por lo que aprovecho gustoso la ocasion de transmitirlos la[sic] los aficionados á las ciencias, ya que no me sea permitido hacerlo á los demas humanos. Son ya conocidos muchos de ellos en nuestra literatura y entre los profesores de ciencias, y á los demas acaso les impedirá serlo una excesiva modestia. He aquí sus nombres: Excmo. Señor don José Virues y Spínola; don Antonio Sandalio de Arias; don Manuel Codorniu; don José Duro; don Antonio Ortiz de Traspeña; don Mariano Delgras; don Francisco Fabra; don José Calvo y Araujo, y don Nemesio de la Llana.”

BOUTET DE MONVEL, B.

Físico y Químico francés. Nace en Orléans en 1820, profesor de Física y Química en el liceo de Carlomagno de París.

12

Nociones de física / B. Boutet de Monvel; traducido por Ramón de la Sagra.— París: L. Hachette y Cía, 1866.— 428 p.; 18 cm.; sign. 54-84.

Este texto fue traducido por Ramón de la Sagra de la 7ª edición francesa.

Podemos decir, por lo tanto, que el texto fue escrito con bastante anterioridad al año 1866, en el cual se publicó en español. El texto está a caballo entre las ideas antiguas y modernas. Por ejemplo, no se estudian los fluidos imponderables como explicación de los fenómenos físicos, lo que puede ser una nota de modernidad. Pero, a la vez, tampoco se estudia el concepto de energía de forma general, lo cual es un signo del retraso del texto.

BRISSON, C.

13

Tratado elemental o principios de física / C. Brisson; traducido al castellano por Julián Antonio Rodríguez.— Madrid: Imprenta de la Administracion del Real Arbitrio de Beneficencia, 1803.— 4 vols.; Tomo I: 419 p.+ 3 lám.; 21 cm.; sign. 54-114.; Tomo II: 399 p.+ 5 lám.; 21 cm.; sign. 54-115.; Tomo III: 419 p.+ 4 lám.; 21 cm.; sign. 54-116.; Tomo IV: 399 p.+ 4 lám.; 21 cm.; sign. 54-117.

Esta obra es, de alguna manera, la heredera de la física española de la Ilustración. La caída en picado de esta ciencia en España se produjo a partir de la guerra de la Independencia y del reinado de Fernando VII. Debemos decir que la obra está dedicada al Exmo. Sr. Don Pedro Cevallos. Dos hechos significativos son el interés del autor por establecer una relación de nombres de compuestos químicos (según sus nombres antiguos y modernos) y la preocupación por los sistemas de unidades. Transcribimos el prefacio del traductor y la introducción del autor.

“PREFACIO DEL TRADUCTOR.

En un tiempo en que, por nuestra buena suerte, ha llegado á tomar en España un incremento tan considerable el estudio de las ciencias exâctas [sic], creo será bien recibida la traduccion que presento al público *del Tratado elemental de Física* que escribió en frances el C. Brisson.

Para que salga con la mayor perfeccion posible, relativamente á mis fuerzas, no he perdonado diligencia ni trabajo alguno; pues á mas del dilatado estudio que he hecho de esta ciencia por algunos años, y de la continua asistencia que he tenido en parte de ellos á la clase de Física Experimental establecida en esta Corte, he procurado tener presente al tiempo de hacerla lo mas y mejor que se ha escrito sobre esta ciencia. Si las ventajas y utilidad que puedan sacar de este mi trabajo los jóvenes que se dedican al estudio de las ciencias naturales son correspondientes á mis deseos, habré recibido el premio de mi mayor satisfaccion, y el mas análogo á mis ideas patrióticas.

He creido seria acertado no incluir en mi traduccion la *instrucción sobre los nuevos pesos y medidas* que coloca Brisson al principio de su Tratado; como tambien el suprimir en todo el discurso de la obra las indicaciones y comparacion que en ella hace el autor, en todos los casos que se le presentan, de los pesos y medidas antiguos con los nuevos; dexando solo los primeros, que es lo que basta para la mayor claridad é inteligencia de los cálculos ó cantidades que se expresan, para cuyo procedimiento he tenido muy poderosos motivos: sea el primero el que ni aun remotamente podemos esperar se admita en nuestra península este nuevo sistema de pesos y medidas, por causas cuya dilatada discution[sic] no es de aquí, y por la razon de que despues de restituirse á España, concluida ya su comision, el Diputado por nuestro Soberano al Intituto nacional de Francia para el arreglo de los nuevos pesos y medidas, se ha expedido y mandado observar la resolucion de S. M. sobre este punto, en Cédula de 20 de Enero de 1801; cuya resolucion se reduce solo á la igualacion de pesas y medidas en todos sus Reynos y Señoríos, para la que se deberá tomar por norma las que estan en uso mas generalmente en estos Reynos. Es el segundo motivo el de que este mismo Diputado (el Señor Don Gabriel Ciscár, Capitan de Navío de la Real Armada) ha publicado ya en el año pasado de 1800 una Memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales, en la que se halla expuesto con la mayor claridad el nuevo sistema de pesos y medidas, y relacion que tienen con los antiguos.

En la traduccion de las Sinonimias antigua y nueva, nueva y antigua, que van al frente de este tomo primero, he seguido las terminaciones que establece el Señor Don Domingo García Fernandez en la nomenclatura chímica [sic] que se halla al fin del primer tomo de su traduccion de *los Elementos del arte de teñir*, para lo qual creo me autorice excesivamente el mérito y reputacion de este sabio naturalista.

Últimamente, constará esta traduccion de quatro tomos: los tres primeros serán los correspondientes á los tres de que se compone el *Tratado Elemental de Física* en frances; y el quarto á los *Elementos Físico-chímicos*, tambien del mismo autor, que escribió para que sirviesen de continuacion á sus Principios de Física.”

“DISCURSO PRELIMINAR

De veinte y cinco años á esta parte se ha hecho sobre la composicion de los cuerpos y sobre la naturaleza de sus partes integrantes un gran número de experimentos, y tales en fin como se los debia hacer para obtener resultados que satisficiesen. El modo de hacerlos que tenian los físicos en los tiempos anteriores no era nada exácto: al analizar un cuerpo se encontraba algunas veces sustancias que se creia entrar en la composicion de este cuerpo, en lo que freqüentemente se padecia error, á causa de haberse formado estas sustancias durante la operación. Se hubiera tenido una prueba de esto habiéndose asegurado el peso del resultado de esta operación, que se hubiera hallado ser mas grande que el que tenia el cuerpo puesto á analizar. En el dia se toma una nota exácta de este peso, y á mas todas las precauciones necesarias para recoger todo lo que se escapa durante el análisis: si se halla aumento de peso, hay seguridad de que se ha formado un nuevo sér durante la operación, en cuyo caso no se trata de otra cosa que de descubrir qual es la sustancia que ha suministrado las partes que han entrado en la composicion de este nuevo sér, lo que se consigue observando quales son las sustancias con quienes ha estado en contacto, durante la operación, el cuerpo analizado.

Estos experimentos han manifestado que hay un gran número de cuerpos que pueden reducirse al estado de flúidos elásticos, baxo cuyo punto de vista se les ha considerado. Los nuevos procedimientos que se han empleado para reconocer la composicion y propiedades de estos cuerpos, y el gran número de sabios que en toda la Europa se han ocupado en esta especie de indagaciones, han enriquecido los diferentes ramos de la física con un número considerable de descubrimientos. Fenómenos que hasta entónces habian parecido aislados, y no tener relacion alguna entre sí, han sido encadenados y unidos con nuevos hechos; y la ciencia presenta en el dia una serie de hechos mas numerosa y mas ordenada.

Pero desde esta época, que se puede mirar como la de una verdadera renovacion en las ciencias de observacion, se han publicado los descubrimientos cada uno en particular, y á medida que se han ido ofreciendo; con cuyo motivo se hallan esparcidos en las Memorias de las Diferentes sociedades sabias, y en algunos tratados particulares, sin que nadie haya aun emprendido la reunion de ellos en un cuerpo de doctrina. Nos faltaba pues un Tratado de Física en el cual estuviesen los hechos reducidos, según su dependencia mútua, á un número pequeño de fenómenos generales, á quienes se pudiese mirar como *principios*; y en donde estos mismos principios se presentasen en un órden sistemático, y unidos entre sí, en términos que fuese fácil su comprehension: todo lo qual es lo que he procurado hacer en la obra que tengo la honra de presentar al público.

Todo lo que he adelantado y mirado como *principio*, está fundado en los experimentos mas concluyentes: no he adoptado sistema alguno, por creer son por lo comun muy propios para detener los progresos de la física, y en general muy dañosos á las ciencias; pues que para formarlos se hace hipótesis y suposiciones gratuitas, freqüentemente inconcebibles; las que se cree haber probado, despues de haberlas repetido diez ó doce veces, partiendo de aquí para decir: *hemos demostrado*.

Habiéndonos dado motivo para observar un gran número de seres nuevos, los hechos numerosos y nuevamente conocidos que presentan los flúidos elásticos, así como las sustancias de adonde se extraen, ó por lo ménos aquellas de que hacemos

uso para proporcionárnoslos, ha sido preciso darles nombres para poderlos expresar; cuyos nombres son tales que indican quales son las partes constitutivas de estas sustancias. Para que en el discurso y en las ideas haya la uniformidad debida se ha dado tambien á las sustancias antiguamente conocidas nombres análogos y no ménos significativos; de adonde ha resultado una nueva lengua, de la que he hecho uso, y que es mucho mas significativa que la antigua; por que estos nombres, por exemplo, *Sal de Seignette*, y *Sal de duobus*, no manifiestan ni indican las sales de que estan compuestas estas dos sustancias; en lugar de que Tartrite de sosa, que es el nombre nuevo de la primera, y sulfate de potasa, que es el de la segunda, manifiestan que la una está formada por la combinacion del ácido tartaroso con la sosa, y la otra por la combinacion del ácido sulfúrico con la potasa, y así de los demas nombres. No se imagine por esto que este nuevo idioma exige un estudio largo; pues estoy persuadido de que cualquiera que quiera tomarse el trabajo de aprenderle, lo conseguirá en algunas horas, no siendo mas que cerca de unas cincüenta palabras las que hay que tener en la memoria; y aun hay muchas de estas que tienen terminaciones semejantes quando sus significaciones son análogas.

Á fin pues, de que no haya que recurrir á otra obra he colocado al principio de ésta dos Sinonimias de los nombres antiguos y nuevos, arreglados por órden alfabético; en las quales se hallará todos lo nombres empleados en esta obra. En la primera, los nombres antiguos ántes, al lado de los quales estan los nombres modernos ó adoptados, que les corresponden; y en la segunda, que es la opuesta á la primera, está cada nombre nuevo acompañado de todos sus sinónimos antiguos; en donde se verá que hay alguna sustancia á la que dieron los antiguos hasta doce ó catorce nombres diferentes. ¿Qué confusion no seria esto capaz de causar en el espíritu de los principiantes?

Esta obra, que está destinada á la juventud de uno y otro sexô, comprehende todas las questões relativas á la física; y á fin de poder ser entendido de unos y otros, me he sujetado á emplear la mayor claridad que me ha sido posible; para lo cual he procurado ser breve y conciso, por haber observado siempre en los muchos años que ha que enseño al público, que cuanto mas cortas y compendiosas eran mis explicaciones mejor se entendian. Esta es la causa de que esta obra, no obstante la gran cantidad de materiales que contiene, no forme mas que tres tomos en octavo marquilla, y sin embargo creo no haber olvidado nada.

Está dividida en diez y nueve capítulos: el primero trata de las *propiedades generales de los cuerpos*, que son doce: el segundo, *del movimiento y de sus leyes*: el tercero, *de las causas que varían la direccion del movimiento*: el cuarto, *de las leyes del movimiento compuesto*: el quinto, *de las fuerzas centrales*: el sexto, *de la gravedad ó gravitacion de los cuerpos*: el octavo, de la *Hidrodinámica*, que comprehende la *Hidrostatica* y la *Hidráulica*: el noveno trata de la *mecánica estática*: el décimo, *de los flúidos elásticos*: el undécimo, *de las propiedades del ayre*: el duodécimo, *de las propiedades del agua*: el décimotercero, *de la naturaleza y de las propiedades del fuego*: el décimocuarto, *de la naturaleza y de las propiedades de la luz*, en el que estan comprendidos los tratados de *Óptica*, *Catróptica*, *Dióptrica* y *Colores*: el décimoquinto, *de la vision de los objetos*, ya sea natural, ya artificial; hallándose en esta última la descripcion y uso de todos los instrumentos de óptica: el décimosexto trata *de la Astronomía física*: el décimoseptimo, *del fluxo y refluxo, de sus fenómenos y de sus causas*: el décimooctavo, *del magnetismo*; y en fin, el décimonono trata *de la electricidad*; y á mas, *de la analogía entre los efectos del trueno y los de la electricidad*, así como de las causas de *las auroras boreales*, y de las *mangas ó bombas marinas*.

Concluye la obra con una tabla de materias, ordenadas por órden alfabético, que equivale á un diccionario y por medio de la qual se podrá hallar al instante la cuestión que se quiera, y todo lo que tenga relacion con ella.”

CHAMORRO, Rafael.

Nuevo sistema para explicar el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo / Rafael Chamorro.— [Madrid]: [s.i.], [1869].— IV+98 p.; 17 cm.; sign. 53-130.

Este curioso folleto pertenece al género de la subcultura científica o ciencia heterodoxa. El ejemplar consultado está falto de portada pero la sección “Al Lector” está firmada en Madrid con fecha de 25 de octubre de 1869.

El texto del folleto ilustra hasta qué punto llegó a ser importante para la física del XIX la idea de reunificar todas sus ramas. La unificación de la física se produjo gracias al concepto de energía. Sin embargo, el autor propone su propio sistema, de corte mecanicista.

DEGUIN, M.

Químico y físico francés. Nació en Autun en 1809 y murió en Besançon en 1860; fue profesor de matemáticas en Rodez, de física en Toulouse, Lyon y de la facultad de ciencias de Besançon.

15

Curso elemental de física / M. Deguin; traducido, adicionado y corregido por Venancio González Valledor.—2ª ed.— Madrid: Imprenta de D.I. Boix, 1845.— 3 vols.— Volumen I: 267 p.+ 5 lám.; 19 cm.; sign. 54-29; Volumen II: 360 p.+ 4 lám.; 19 cm.; sign. 54-29; 342 p.+ 3 lám.; 19 cm.; sign 54-29.

Los tres tomos se encuentran encuadrados en el mismo volumen. Este texto de Deguin fue uno de los primeros que se publicaron en España donde no se estudiaban los fluidos imponderables. De esta manera se establecía un caso del abandono de tales fluidos en España. Curiosamente, los textos que años más tarde escribiría el traductor de esta obra, Venancio González, no abandonaron estos fluidos. Esto es una prueba de lo lenta que fue la recuperación de la física española durante todo el siglo XIX. La nota del traductor dice así:

“EL TRADUCTOR.

Cuando se publicó la primera edicion de esta obra, espuse las razones que me movieron á traducirla, é indiqué las ventajas que se seguirian de su adopcion para la enseñanza; el éxito ha correspondido, si no escedido, á mis esperanzas, habiéndose dado por esto en la mayor parte de las cátedras de esta ciencia establecidas en el reino, y habiendo merecido una censura favorable de las personas que por su posicion y conocimientos se hallan en el caso de juzgar con desinterés y acierto en estas materias.

Esta lisonjera acogida me ha impulsado á revisar toda la obra, aumentándola con arreglo á la cuarta y última edicion francesa; aunque permitiéndome, respecto á este punto, las alteraciones siguientes: 1.ª No pudiendo acomodarme á seguir sin exámen á Deguin ni á ningun otro, si bien se hallará todo cuanto ha aumentado en su citada última edición; respecto á la colocacion me he separado con frecuencia del autor, evitando alteraciones, cuando menos inmotivadas. 2.ª El autor, en cada una de sus ediciones sucesivas, no solo ha atendido al aumento de principios y datos en su obra, sino que tambien ha suprimido algo de las ediciones anteriores, para lo cual no alcanzo las razones científicas que haya tenido; y por lo mismo nada he omitido respecto á la edicion anterior. Resulta de aquí, que esta segunda edicion reúne las cuatro del autor, y ademas las notas y adiciones de que estas absolutamente carecen.

Las ediciones y notas han recibido tambien mejoras de consideracion, pero he procurado conservar el mismo carácter de laconismo y sencillez que la esperiencia ha acreditado como más á propósito para la enseñanza. Tales son las ventajas de esta nueva edicion, que espero sea recibida con la misma benevolencia que la anterior.”

ECHEGARAY, José.

Dramaturgo, político e ingeniero (Madrid 1832-id. 1916). Fue catedrático de física matemática de la Universidad de Madrid. Introdujo en España la Geometría de Chasles, el cálculo de variaciones, la teoría de los determinantes y la teoría de Galois. Fue ministro de Fomento (1869-1872) y de Hacienda (1874). Fue diputado

por Asturias después de la revolución de 1873 y creador del Banco de España. En 1904 compartió el premio Nobel con el poeta provenzal Frédéric Mistral. Escribió más de sesenta obras.

16

Teorías modernas de la física / José Echegaray.-2ª ed.- Madrid: Cárlos Bailly-Bailliere, 1873.- VIII+250 p.; 18 cm.; sign. 56-104.

Este libro es uno de los tomos, de los que salieron con este título, en los que Echegaray reunía algunos de sus artículos aparecidos en publicaciones periódicas. En estos artículos se nota ya la introducción de la física moderna en España. Por poner un ejemplo, leemos en el artículo III que “la creación *ilimitada* de calor por el rozamiento no se explica de este modo [teoría del calórico]”. Así, se destierra el antiguo fluido imponderable responsable de los fenómenos térmicos, llamado calórico, para abrazar la teoría mecánica del calor. Los artículos que aparecen son los siguientes:

El método racional y el método empírico en las ciencias físicas.

El método racional y el método empírico en las ciencias físicas (Continuación).

Sobre la teoría moderna del calor.- Grandes unidades del mundo material.

Sobre las teorías modernas de la luz.- Vibraciones del éter.

Sobre las teorías modernas de la luz.- Interferencias y transformaciones.

Electricidad y magnetismo.- Resultados experimentales y teorías diversas.

Resumen de las teorías modernas sobre el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo.

Aplicación de las teorías precedentes.- Análisis espectral.

Análisis espectral (Continuación).

ESCRICHE Y MIEG, Tomás.

Nació el 7 de marzo de 1844. Estudió en Madrid en la Facultad de Ciencias. Fue profesor en la Universidad y en el Instituto libre de Oñate de 1869 a 1873. Ingresó en el profesorado oficial en 1876. Desarrolló su docencia en varios institutos. Desde 1891 es catedrático numerario de física y química en el Instituto de Barcelona, del cual fue nombrado director en 1913. Escribió sobre asuntos literarios, científicos y pedagógicos.

17

Elementos de física y nociones de química / Tomás Escriche y Mieg.- Barcelona: Imprenta de Pedro Ortega, 1891.- 758 p.; 22 cm.; sign. 53-121.

Esta obra es una más de la amplia oferta que tenían los estudiantes de finales del XIX respecto a la asignatura de física y química que se estudiaba en los institutos de segunda enseñanza. El texto es bastante moderno. Se estudia la energía, el concepto que unificó la física en la mitad del siglo XIX, de forma general. También se estudia la termodinámica y otras ramas de la física. El prólogo del autor dice:

“PRÓLOGO

Pocos autores habrán lanzado á la publicidad un libro con más recelos que yo el presente; y sin embargo muy pocos habrán escrito una obra didáctica con tanto amor, con tanta calma, con tanta meditación.

Fúndase mi desconfianza en la doble consideración de mis escasas fuerzas, de que tengo plena conciencia, y de la magnitud de la tarea que me he impuesto, contraviniendo á sabiendas el prudente consejo de Horacio: «Sumite materiam vestris, qui scribitis, aequam viribus».

No quiero afectar la ridícula modestia de declarar la composición de un libro elemental de las ciencias que vengo enseñando hace más de veinte años, materia desproporcionada á mis fuerzas; lo que con ellas no se compadece es la forma absolutamente nueva en que me he arriesgado á hacerlo. Y es claro que, marchando desde la primera hasta la última página del libro por caminos y senderos no trillados y desconocidos, mejor dicho, teniendo que abrirme yo mismo penosísimamente los caminos por que había de marchar, buscándolos siempre mejores y más directos que

los seguidos por mis predecesores, habíanme de asaltar por todos lados y á cada paso nuevas y á veces muy serias dificultades, exponiéndome á frecuentes extravíos, y teniendo que desandar muchas, innumerables veces lo andado, para dejar tras mí bien afianzado y sólido el terreno.

Pero, se me dirá tal vez, arguye ciega confianza en las fuerzas propias y no sobra de modestia el acometer tamaña empresa, á que sólo, en ley de razón, parece se debiera lanzar el que descuella y tiene para ello títulos de autoridad notoria. Y tanto para alejar de mí esta acusación, cuanto para hacer ver á todos claramente la necesidad de una reforma radical, he escrito un extenso y minucioso *Programa razonado*, que verá la luz pública á poco de terminada la impresión de esta obra, en el cual expongo detenidamente los fundamentos y razones de mi método, y desciendo hasta analizar y justificar las definiciones y aun los enunciados y demostraciones en que me aparto de otros autores. Podrá haber quien, aun después de leído este programa, no participe de mis ideas en parte ó en la totalidad; pero creo no se hallará ninguno que no quede persuadido, no sólo de que yo no podía escribir el libro de otro modo, sino además de que no podía dejar de escribirlo. Como que, después de todo, lo de menos, en una obra de esta índole, era la materialidad de redactarla en unos cuantos meses; lo esencial ha sido el largo trabajo de elaboración, durante muchos años de enseñanza, con la constante preocupación de presentar mejor las cosas cada vez, á fin de ir allanando el camino á los discípulos; pudiendo decirse con toda exactitud que yo no he buscado un plan para escribir un libro, sino que cuando insensiblemente me he encontrado con un plan, entonces me he puesto á escribir un libro.

Los que no hayan sentido la necesidad de reformar la enseñanza de esta asignatura, y aun los que, habiéndola experimentado, no hayan pensado lo bastante acerca de ello, se sorprenderán al hallarlo todo más ó menos modificado en mi obra, desde las grandes líneas de conjunto, hasta los más ínfimos detalles, y no faltará quien se resista á perdonarme la omisión de ciertas cosas, sin las cuales apenas se concibe (á primera vista) un libro de Física; á los tales será difícil no ver en el autor un inmoderado afán de innovar las cosas por el solo gusto de innovarlas. Yo me permito rogar á estas personas que suspendan su juicio hasta haber examinado detenidamente el libro entero, y aun mejor, hasta haber leído el *Programa razonado*, en el cual encontrarán los motivos que me han obligado á ir tan lejos, á pesar de los temores y escrúpulos con que he tenido que luchar en no pocas ocasiones.

Puedo afirmar que nada absolutamente he variado por el gusto pueril de innovar: hasta en la sustitución de un aparatito ó un experimento nuevo á otro conocido, ha decidido siempre la superioridad de aquél sobre éste, jamás el vano placer de distinguirme; y es de ello buena prueba la satisfacción que he sentido las pocas veces en que, registrando obras recientes ó hablando con profesores distinguidos, me he visto precedido por autoridades científicas respetables. Esto, por ejemplo, me ha ocurrido con tal cual innovación mía de detalle, que he hallado consignada en libros venidos á mis manos con posterioridad, como los de Frick y Arendt. Asimismo he coincidido, al omitir la determinación de los coeficientes específicos, con mi querido amigo, hoy docto profesor de Física de la «Escuela Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos» D. José Muñoz del Castillo, el cual, separando de la *Física general* estos procedimientos, forma con ellos la que llama *Física cuantitativa*. Por lo demás, no debe extrañar que hasta minuciosidades insignificantes, hayan sido variadas por mí, si se reflexiona que, al cambiar el punto de vista del conjunto, es imposible que en los detalles no sufra alteración la perspectiva.

Guiado constantemente por el más vehemente deseo de proporcionar al alumno, en un libro poco voluminoso, conocimientos fundamentales sólidos y claros, me he esforzado en enlazar lo más científicamente que he podido todos los fenómenos y materias que, en mi concepto, debían ser objeto de su estudio, y los he desarrollado de la manera más sencilla y didáctica que he sido capaz. Decir ahora que he podido equivocarme muchas veces, sería decir una cosa ociosa. Si del creador de la Iliada dijo el gran poeta latino «quandoque bonus dormitat Homerus» ¿qué no habrá que

decir del humilde autor de la presente obra, sobre todo si se tiene en cuenta la forma poco adecuada á sus fuerzas en que las circunstancias le obligan á escribirla?

Por eso reclamo con más necesidad que otros autores y con la misma sinceridad que el más modesto de ellos, la benevolencia de los profesores y lectores en general. No dudo que se habrán deslizado algunas inexactitudes y que habré padecido muchas distracciones, aparte de las erratas de imprenta, á que, en la premura con que se imprime esta primera edición, con un plazo brevísimo por delante, no puedo prestar la atención suficiente; gracias por anticipado á todas las personas que se dignen señalarme tales descuidos. Confío, al menos, en que no se me haya escapado ningún concepto erróneo, y en ello, sobre todo, he puesto mi mayor diligencia.

No quiero terminar estas líneas sin manifestar á mi antiguo amigo, hoy distinguido catedrático de Química inorgánica de esta Universidad, D. Eugenio Mascareñas y Hernández, mi agradecimiento por la amabilidad con que me ha señalado ciertos experimentos nuevos, proporcionado libros y hecho algunas atinadas observaciones.

Si con la publicación de este modesto libro consigo introducir una verdadera mejora en la enseñanza de la asignatura de Elementos de Física y Nociones de Química, quedarán ampliamente remuneradas todas mis tareas y daré por bien empleados todos mis desvelos.

TOMÁS ESCRICHE Y MIEG.

Barcelona 20 de Agosto de 1891.”

ESPINO, Jeremías (pseudónimo).

18

Observaciones sobre el manual de física y nociones de química que han publicado D. Manuel Rico y D. Mariano Santisteban. Parte primera / Jeremías Espino.— Madrid: Imprenta de N. Mendoza y Cía., 1857.— 36 p.; 22 cm.; sign. 53-129.

Éste es uno de los más curiosos folletos que se encuentran en la Biblioteca de la Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz. Se trata de una obra satírica, firmada con un pseudónimo, que intenta ridiculizar a Manuel Rico, uno de los personajes más importantes de la física española del XIX por sus trabajos en meteorología y como redactor de libros de texto. Jeremías Espino corrige en este folleto los errores que, para él, existen en un libro de texto publicado por Manuel Rico y por Mariano Santisteban. Reproducimos la parte más curiosa y divertida del folleto.

“AVISO IMPORTANTE.

Estas observaciones constan de diez partes que, gracias á la buena salud de Jeremías, se hallan ya escritas, y las irá publicando á medida que las circunstancias numismáticas se lo permitan.

AL SR. D. MANUEL RICO.

Os suplico cordialmente que no os amostaceis al recibir esta epístola que el mas dócil de vuestros súbditos tiene el honor de dirigiros.

Familiarizado con el dulce yugo de vuestras órdenes barométricas ningun motivo personal me anima á publicar los secretos de la física que profesais; pues si mi objeto fuese desacreditaros, ocasiones mas favorables que la presente me habrian ofrecido vuestra memoria de marras, sobre lluvias y sequías, y tantos papeles meteorológicos que por el mundo vuelan. Mas todo esto importa poco al público: la sociedad ni gana ni pierde, porque la encuadernacion de un manuscrito se haga en tafilete ó en papel de estraza; prémiese el mérito donde quiera que se encuentre, y si vuestros remedios para modificar la naturaleza son tan eficaces, bien pudieran ponerse en práctica, y derramar sobre la humanidad inmensos beneficios que los pueblos reconocidos os agradecerian eternamente. Pero ... no os alarmeis, señor Rico: yo os prometo no seguir hablando de un asunto, que solo serviria para mortificar vuestro amor propio; y únicamente os ruego, que en recompensa de mi silencio, escuchéis con benévola atencion una noticia que me conviene daros, por el

buen uso que podreis hacer de ella: *las provincias de Alicante, Murcia y Almería, continúan en seco.*

Hecha la salvedad anterior, espero que leereis friamente y sin prevencion alguna, estas breves observaciones sobre una de vuestras mejores obras, en las cuales ni me propongo adularos, ni mucho menos desvirtuar vuestra bien sentada reputacion científica. Mi objeto es mas noble, y pronto vais á convencerlos de ello.

Habéis publicado, no há mucho, un *Manual de física y elementos de química*, que por la circunstancia de ser una de tantas obras de texto como inundan la consabida lista, está destinada á producir su efecto bueno ó malo en la segunda enseñanza: en esa enseñanza tan importante y trascendental, que de ella depende especialmente el porvenir de las naciones. Vuestro libro, como todos los que tienen un objeto análogo, debe haberse sometido á un escrupuloso exámen, antes de merecer sus doctrinas los honores de autorizacion, para servir de guia á la juventud estudiosa; pues en estas materias de suyo tan delicadas, se debe prescindir completamente de la opinion y voto del autor, que como buen padre, suele mirar su enjendro con admirable sorpresa. Pero este humilde pecador que hoy os molesta, renuncia al sacrificio de violentarse, hasta el extremo de creer, que el Manual en cuestion haya pasado por tan dura prueba; y con el sano fin de prestar un no pequeño servicio á la instruccion pública, llamando la atencion de quien corresponda, se toma la libertad y el trabajo de hacer patentes los defectos mas capitales que contiene.

Aunque éste sea mi principal objeto, no es sin embargo, el único que me propongo. Sabeis muy bien, que los pocos hombres dedicados á las ciencias en España, se dividen en dos clases; la una, que *calla*, y cuya existencia es á penas conocida en un círculo muy reducido: la otra, que habla, y pregona sus descubrimientos, que radia progresos con extraordinaria profusion, y que su fama se estiende por todas las regiones de la tierra. Desgraciadamente alguno de estos hombres no escriben con tanta reflexion como la ciencia exige: sus obras se miran en el extranjero como la medida exacta de nuestros conocimientos, y hé aqui la razon fundamental de la durísima calificacion que pesa sobre nosotros. En medio de tan triste verdad, veo con dolor que los errores se multiplican y generalizan, y que las personas autorizados para rechazarlos, continúan en silencio: mas ya que no está en mi mano remediar el mal, quiero al menos demostraros, que los desvaríos escritos por ciertas notabilidades no pasan desapercibidos para los pobres que viven retirados de los focos científicos.

Si algun prógimo curioso os manifestára el deseo de saber la razon que yo he tenido para no publicar la crítica de toda la obra, podeis asegurarle de mi parte, que no he tenido otra, que *la razon de guarismos*; porque el *atómico* sueldo que percibo del Estado, se lo engullen mis tiernos pimpollitos en la doudécima parte del tiempo en que lo gano, y la patria no pasa nada para impresiones supérfluas; pues como tal tendreis á ésta, que yo considero mucho mas útil que vuestra obra. Podreis tambien añadirle, sino os sirve de molestia, que trabajo como un negro para mejorar mi posicion pecuniaria, habiendo emprendido al efecto dos caminos: el primero consiste en hacer méritos en mi carrera, para obtener un ascenso; pero ya me voy convenciendo de que *este camino, no es camino*: en cámbio, el segundo es infalible, y está reducido simplemente á poner á la lotería. Una vez que por cualquiera de estos medios se verifique la metamórfosis de mi fortuna, podré dar á los retoños las cuatro comidas de reglamento, según la higiene española, y os prometo que el sobrante se ha de adjudicar á las imprentas.

Ya habreis conocido, Sr. Rico, que mi literatura no es del género violento ni apasionado sino que es una literatura pacífica y conciliadora; sin embargo, no cometais el error de confundirme con el profeta, pues soy un Jeremías completamente distinto. Tengo mis humillos como cada ciudadano, y aunque no tanto como al director del Observatorio meteorológico, me gusta mas pasar por un si es no es de satisfecho, que por afectante de una falsa modestia. Esta analogía de caracteres nos debe conducir naturalmente á la recíproca confianza, y héme aquí en

el deber de hacer un uso prudente de ella, dándoos una explicación satisfactoria, ó como otros llamarían, *una teoría filosófica*, de los defectos de vuestra obra.

Si prescindierais por un momento de ser quien sois, y os mirarais desde una distancia igual á la que yo os veo, conoceríais probablemente lo mismo que yo conozco: entonces prescindiendo de tantos títulos como os adornan, os veríais bajo vuestro verdadero punto de vista; es decir, bajo el punto de vista de profesor de *física matemática*. Ahora bien, con un ligero esfuerzo de imaginación, se concibe fácilmente el gran sacrificio que habreis tenido que hacer, para descender de aquella altura, á la de una física puramente elemental; y nadie estrañará, por consiguiente, ver errores, que no siendo de vuestra cuerda, tampoco son de vuestra culpa.

Esta consoladora teoría salva completamente la responsabilidad del autor, y deja con amplia libertad para ocuparse de la obra, á vuestro mas humilde siervo y constante admirador

Jeremías Espino.

POSDATA

AL SEÑOR D. MARIANO SANTISTEBAN.

No atribuyais á indiferencia, ni mucho menos á desprecio, la supresión de vuestro nombre en mis observaciones. - El corazón me dice que no teneis arte ni parte en las primeras páginas del Manual, y sería muy injusto haceros responsable de culpas en que no habeis incurrido. Pero si esta razón no os satisface, porque sois en efecto semi-autor de cuanto encierra el texto desgraciado,-

Os ruego que suplais con vuestra lengua

La falta cometida por mi mano,

Y allí donde encontréis un *D. Manuel*,

Deberéis añadir un *D. Mariano*.”

FELIÚ Y PÉREZ, Bartolomé.

Profesor y escritor. Nació en Peralta (Navarra) en 1843 y murió en 1918. Doctor en ciencias en 1875, desde los diecinueve años se dedicó a la enseñanza privada y tuvo a su cargo la cátedra de física y matemáticas del Instituto libre de Cervera. En 1879 obtuvo por oposición la cátedra de física y química del Instituto de Teruel, del que pasó al de Toledo y en 1880 a la Universidad de Barcelona, donde explicó física superior y, desde 1884, ampliación de física. En 1896 se le trasladó a la Universidad de Zaragoza y, finalmente, fue profesor de termología de la Universidad Central. Pertenecía al partido carlista y en 1907 Tafalla le elegía diputado por este partido

19

Curso elemental de física experimental y aplicada y nociones de química inorgánica / Bartolomé Feliú y Pérez.-2ª ed.- Valencia: Imprenta de José Rius, 1874.- VII + 530 + IX p.; 25 cm.; sign. 56-82.

Obra de texto muy popular de segunda enseñanza. Para hacernos una idea de sus contenidos extractamos el índice de la obra:

Física

Libro I.- Propiedades de los cuerpos. Mecánica.; Libro II.- Acústica.; Libro III.- Calor.; Libro IV.- Óptica.; Libro V.- Electricidad.; Libro VI.- Meteorología.

Química Inorgánica

Primera parte.- Generalidades.; Segunda parte.- Estudio de los metaloides y de sus principales compuestos.; Tercera parte.- Estudio de los metales y sus principales compuestos.

Sobre el estado de los libros de texto de física, el autor dice en su prólogo: “El inesperado éxito, que ha cabido en estos dos últimos años á la primera edición de mi modesto libro, ha confirmado plenamente la existencia del vacío, que veníamos deplorando los dedicados á la enseñanza de la Física elemental. No se había hecho todavía un noble esfuerzo, ni un verdadero sacrificio para publicar un texto capaz de obligarnos á orillar las obras extranjeras. El trabajo de recopilación no se había dado la mano con el de la unidad del plan: En cuanto á la parte editorial, el vacío era inmensamente mayor”

20

Curso elemental de física experimental y aplicada y nociones de química inorgánica / Bartolomé Feliú y Pérez.—7ª ed.— Barcelona: Imprenta de Pedro Ortega, 1890.— VIII + 151 p.; 25 cm.; sign. 55-56.

Otra de las numerosas ediciones que consiguió este libro. Se transcribe el prólogo de esta edición:

“AL LECTOR

Tarea menos enojosa y casi me atrevería á decir, más facil, seria para mí publicar un Tratado de Física de amplio desarrollo, que condensar en un libro elemental los materiales de tantas ciencias vastísimas. Porque ciencias son hoy y de muy alto vuelo, cada una de las secciones en que el estudio de aquella suele dividirse. Son tan copiosos los nuevos hechos recientemente comprobados en cada una de ellas, tan asombrosos los avances del método experimental, tan múltiples y delicados los procedimientos de medida, y tan superabundantes los elementos aportados á la teoría, que el talento más generalizador y más práctico vacila, al fijar los límites del programa.

Bastaría, para explicar tales incertidumbres, enumerar las obras dadas á la luz en los últimos diez años sobre *Termo-dinámica*, sobre *Electro-química*, sobre *Telegrafía eléctrica*, sobre *Espectroscopia*, sobre *Pilas*, *Microspocios*, *Fotografía*....; ó más sencillamente, las Revistas dedicadas á publicar por meses, ó por semanas, los adelantos y descubrimientos realizados en tales ciencias. Su número forma bibliotecas, su extension abrume.

Mas como todas son parte integrante de la Física, y en todas hay un venero inagotable de aplicaciones trascendentales, no es posible cercenar en ninguna lo más culminante, sin pasar plaza de autor poco diligente ó desconocedor del verdadero progreso.

Y es el caso que, si tiempo atrás podía darse la preferencia á la mera descripcion de los fenómenos, por no haberse alcanzado su encadenamiento universal, hoy ha de hacerse resaltar con preferencia en cada órden de aquellos la correlacion y unidad de sus factores. Razon sobrada ha tenido, en tal concepto, el publicista Colson en denominar “La Energía y sus trasformaciones” á su bello ensayo sobre las relaciones evidentes y constantes que enlazan entre sí las metamorfosis de la fuerza, llámese mecánica, química, molecular, eléctrica ó calorífica: Ese, y no otro, debiera ser ya el título de una obra de Física moderna.

Empero, despues de reconocer todo esto, y despues de medir el justo alcance de las exigencias de un Profesorado laborioso y eminente, que al honrarme por modo inusitado, agotando las ediciones de esta obra, tiene perfecto derecho á reclamar su mayor perfeccion posible, no lleven á mal mis lectores que, al responder al doble llamamiento de la ciencia y de la gratitud, publique un volúmen de más *de setecientas páginas*. Abrigo el convencimiento pleno de que aun con ellas no queda ni aun bosquejado el cuadro de asignatura tan colosal. Hoy más que ayer afirmo, sin temor de ver demostrado lo contrario, que es por demás difícil, imposible sería lo correcto, redactar una obra DE FÍSICA completa y didáctica á la vez. Esta consideracion me hace esperar de mis distinguidos y sabios compañeros para la presente edicion la misma indulgencia que para las anteriores.

Barcelona, Agosto de 1890.”

FERNÁNDEZ DE FIGARES, Manuel

Catedrático propietario de la asignatura de física y química por oposición en la Facultad de Ciencias de la Facultad de Granada y socio correspondiente del Instituto de Coimbra.

21

Manual de física y nociones de química / Manuel Fernández de Figares.—2ª ed.— Granada: Imprenta y librería de D. José María Zamora, 1861.— 475 p.; 10 lám.; 21 cm.; sign. 54-102.

Se trata de un libro muy arcaico en lo que respecta al planteamiento de la asignatura. Para el estudio de la física admite los fluidos imponderables y la parte dedicada a la electricidad y el magnetismo es muy reducida.

El ejemplar de la biblioteca tiene la siguiente nota manuscrita: “Al Señor V. Ordoñez / Recuerdo de amistad de su compº / El Autor”.

FLAMMARION, Camille.

Astrónomo francés (Montigny-le-Roy 1842–Juvisy-sur-Orge 1925). Autor prolífico y destacado propagador de la Astronomía al alcance de todo tipo de lectores. Es de destacar de su producción *Los mundos imaginarios y los mundos reales* (1865), *Astronomía popular* (1868); *Dios en la naturaleza* (1869); *Astronomía ideal* (1879) y *La muerte y su misterio* (1920).

22

La Atmósfera / Camilo Flammarion; traducida de la segunda edición francesa y adicionada con algunas notas por Luis Barrinaga y Corradi, profesor de la Escuela de Minas.– Madrid: Imprenta y librería de Gaspar Editores, 1875.– Volumen I: XV + 471 p.; 20 cm.; sign. 55-70.– Volumen II: 428 p.; 20 cm.; sign. 55-71.

Éste fue un texto muy citado entre los astrónomos españoles del último cuarto del siglo XIX. Los editores Montaner y Simón, ya en el siglo XX, hicieron una edición más cuidada. El esquema del texto es:

TOMO I

Libro primero.- Nuestro planeta y su fluido vital.

Libro segundo.- La luz y los fenómenos ópticos del aire.

Libro tercero.- La temperatura.

Parte primera.- Las estaciones.

Apéndice del tomo I

TOMO II

Libro tercero.- La temperatura.

Parte segunda.- Los climas.

Libro cuarto. El viento.

Libro quinto.- El agua, las nubes, la lluvia.

Libro sexto.- La electricidad, las tormentas y el rayo.

Apéndice del tomo II

El traductor de la obra introdujo adiciones que son muy interesantes para los lectores como datos meteorológicos de distintas ciudades españolas y noticias nacionales referentes a la meteorología. En las páginas 140-147, se incluye una extensa nota titulada “Noticia histórico-descriptiva del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid”.

FUERTES ACEVEDO, Máximo.

Máximo Fuertes Acevedo nació en Oviedo en 1832 y murió en Badajoz en 1890. Cursó la segunda enseñanza en su ciudad natal. Estudió jurisprudencia, filosofía y ciencias en la Universidades de Oviedo y Madrid. Se doctoró en esta última con premio extraordinario. Obtiene una plaza de ayudante en la Universidad de Oviedo en 1857. Más tarde pasó a las de Santiago de Compostela y Valladolid. En 1875 aprueba la oposición para obtener una cátedra de física y química en el Instituto de Santander. Pasa al de Badajoz en 1878 y es nombrado director del mismo en 1881. En Badajoz, se relaciona activamente con los ambientes liberales. Se convierte en uno de los socios más activos de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, como conferenciante en el Ateneo de Badajoz y colaborador con periódicos como *La Crónica*, el *Diario de Badajoz*, *La Defensa*, *La Revista Extremeña* y *El Autonomista*. Sus trabajos científicos siempre fueron bien acogidos en Badajoz, excepto *El Darwinismo. Sus adversarios y defensores* (Badajoz, Tipografía La Industria, 1883), que fue hostilmente acogido por los sectores conservadores

pacenses. Su faceta de erudito, bibliógrafo y folklorista asturiano se ha reconocido cada vez más con el paso del tiempo.

23

Curso de física elemental y nociones de química / Máximo Fuertes Acevedo.– Oviedo: Imp. y lit. de V. Brid, 1879.– 464 + 122 + IX + V p. + 17 lám.; 21 cm.; sign. 54-145.

Este texto se usó en el Instituto de Badajoz y tenemos constancia de que en 1894 se usaba en el Instituto de Tapia. Su precio era de 9,50 pesetas. Podemos decir como curiosidad que el autor insertó antes del texto esta breve nota:

“Hemos creído de importancia indicar la etimología de las palabras, en su mayor parte de origen griego, que forman el tecnicismo de la Física y la Química: pero como los alumnos para quienes esta obra se ha escrito, no conocen el griego, sería perfectamente inútil poner esa etimología con caracteres griegos, por lo cual la escribimos en castellano tal como se pronuncia en aquel idioma.”

Por lo demás es un texto muy típico de segunda enseñanza. La física está dividida en *Propiedades generales de la materia, Nociones de mecánica, Acústica, Calor, Luz, Magnetismo, Electricidad y Meteorología*. La química estaba dividida en *Nociones preliminares, Metaloides y Metales*.

24

El año meteorológico de 1879 en Badajoz / Máximo Fuertes Acevedo.– Badajoz: Imprenta de la viuda de Arteaga, 1880.– 39 p.; En la Biblioteca de la Sociedad de Amigos del País de Badajoz se encuentran las fotocopias del folleto que pertenece a la Biblioteca Pública “Bartolomé J. Gallardo” de Badajoz con signatura F38/31 (dedicatoria autógrafa del autor a la biblioteca del Instituto de Badajoz).

Este folleto es una de las “joyas” de la ciencia local de Badajoz. El autor propone la instalación de una red de estaciones meteorológicas para la provincia. Unos años más tarde la red comenzaría a funcionar gracias a financiación privada, aunque su vida fue efímera. Mejor, leamos un fragmento del texto:

“EL AÑO METEOROLÓGICO DE 1879 EN BADAJOZ

Los conocimientos científicos, cualquiera que sea su carácter, tienen una importancia especial, cuando se los considera bajo el punto de vista de sus aplicaciones á otras ciencias, á las artes o á la industria. Esa tendencia de aplicación inmediata, característica de la época actual, hace que determinados conocimientos revistan por este solo hecho, el más alto interés. Tal sucede con los estudios meteorológicos, cuyas aplicaciones a otras ciencias son indudables, principalmente en lo que se refiere á la Agricultura.

En este concepto los datos que suministran los instrumentos meteorológicos, cuidadosamente observados, son mirados hoy con la mayor atención por cuantos se interesan por los adelantos de la ciencia agraria. Mas para lograr estos resultados y poder deducir y apreciar con juicio exacto las relaciones del clima con el cultivo de la tierra, es necesario ante todo poseer datos que permitan conocer los accidentes climatológicos y las variaciones que pueda experimentar el mismo clima, ya por el cultivo ó abono de los bosques ó por los trabajos especiales hechos en los terrenos ó en los ríos que los bañan. De aquí pues la necesidad de esas observaciones, no en un punto determinado, sino en todas las comarcas cuya situación topográfica ofrezca caracteres muy diferentes. Pues bien se comprende que los datos recogidos en una serie no interrumpida de observaciones diarias, sólo pueden tener aplicación á la zona ó comarca donde el observatorio se halle instalado: por manera que si esa comarca es toda una provincia de la extensión y accidentes orográficos como la de Badajoz, necesariamente las observaciones recogidas en la capital, no pueden servir de norma, ni ser consideradas como indicaciones ciertas para toda la provincia. He aquí porqué los datos meteorológicos que vamos a publicar relativos al año de 1879, sólo pueden referirse, en el concepto de aplicación, poco más que al radio judicial de este partido.

Hácese pues necesario si se ha de tener cabal conocimiento de los caracteres que distinguen á las diferentes zonas climatológicas de esta provincia, el establecer *Estaciones meteorológicas* en puntos diversos, cuyo planteamiento será fácil y sin grandes dispendios, si en ello pone formal empeño la Diputación provincial y presta su valiosa cooperación la Sociedad Económica de Amigos de este país. A estas dos ilustradas Corporaciones dirigimos nuestra escitacion, particularmente á la primera; pues aunque no son de gran consideracion los recursos que se necesitan para el establecimiento de estos centros de observación, se halla la primera Corporación de la provincia, más en condiciones de llevar á cabo tan importantísimo servicio.

Y no es, por cierto, una novedad este medio de estudio y observación: hállese planteado en varios puntos de las naciones extranjeras; y alguna Sociedad Económica de España ha pensado ya, con muy buen acuerdo, en la necesidad de plantear estas Estaciones. La Diputacion provincial de Badajoz, se hará sin duda merecedora de la mayor gratitud y consideración por parte de la provincia toda si establece estos medios auxiliares de la Agricultura y de la ciencia física y geográfica de la provincia y podrá considerar seguramente, este hecho como un alto timbre de su gestion administrativa.

Para alcanzar los mas provechosos resultados de estas instalaciones, vamos a exponer con la brevedad posible, el medio y forma de realizarlas.

Echando una ojeada sobre la configuracion y accidentes de esta provincia, se puede observar desde luego que los caracteres del clima han de ser muy varios así en lo relativo al calor, como á la humedad, las lluvias, los vientos etc., y por lo mismo distintas las condiciones para la vida animal y vegetal: cual sea la más característica á esas grandes zonas lo han de decir las observaciones meteorológicas. Considerada por este objeto, dividida la provincia en cuatro grandes regiones, la instalacion de las Estaciones meteorológicas, además de la que ya existe en la capital, deberá hacerse, una en Alburquerque como punto situado cerca de la Sierra de San Pedro y cuyas variaciones de temperatura parece que son bastante notables para el invierno y el verano; otra en Zafra punto intermedio entre Jerez de los Caballeros y Llerena, cuyos puntos se hallan cerca de las estribaciones de la cordillera de Sierra Morena; la tercera en Villanueva de la Serena, como punto perteneciente á una extensa vega y la cuarta en Herrera del Duque,(1) pueblo situado entre las divisorias del Tajo y el Guadiana.

Cierto que la instalacion de las Estaciones y el hallar sin grandes gastos personal que recoja las observaciones, pudiera presentar dificultades á primera vista difíciles de resolver; más no son tales a poco que se reflexione sobre ellas. La primera se refiere á los instrumentos que han de figurar en cada uno de los observatorios, pues en estos últimos tiempos esos aparatos se construyen con gran precision y su precio es bastante elevado; pero para el objeto pueden emplearse análogos á los que con buen éxito se usan hoy en casi todas las Estaciones de Francia, España y Portugal, escepto el barómetro, que para el objeto y por ser muy fácil su observacion, puede servir un aneroide.

El costo, pues, de los aparatos más precisos para cada una de las Estaciones, aproximadamente, puede ser, sin notable diferencia, el siguiente:

Reales

Un barómetro aneroide	100
Dos termómetros (para formar Psicrómetro)	200
Un termómetro de máxima temperatura al Sol	120
Otro id. de id. sombra	120
Otro id. de mínima id. sombra	120
Un pluviómetro	100
Un atmómetro	100
Una probeta graduada	40
Impresiones de los registros	60

Total

1260

No creemos, pues, tratándose de una corporacion como la Diputacion provincial y de un servicio de tanta importancia, que sea grande el gasto de instalacion de las tres Estaciones, en conjunto de 3780 reales.

La dificultad relativa al personal que haya de encargarse de este trabajo, fácilmente puede orillarse, pues de no hallar en esas localidades donde hayan de fijarse las Estaciones personas que se presten á desempeñar este servicio, cosa que dudamos, particularmente por lo que se refiere á dos de las poblaciones, Zafra y Villanueva de la Serena que cuentan con Colegios de segunda enseñanza, cuyos profesores de Física son una garantía del buen desempeño de este cargo, por sus especiales conocimientos en esta materia, pudiera encomendarse al Maestro de primera enseñanza, retribuyéndole algun tanto y sirviéndole además de mérito en su carrera, pues tales servicios pensamos que serán desde luego, vistos con el mayor agrado por la Direccion general de Instruccion pública, Agricultura é Industria. De aceptarse esta idea, el Director de la Estación central de Badajoz se encargaria gustoso de la instalacion de los aparatos en sitio a propósito y conveniente del mismo local de la Escuela, ofreciéndose asimismo, dicho se está sin gasto alguno para la provincia, á enseñar el modo de hacer las observaciones y tomar los datos dos veces al dia, cosa fácil y que se aprende en brevisimo tiempo; encargándose además de hacer las correcciones y cálculos de los datos que los observadores deberán remitir mensualmente, y que hayan anotado en hojas que se les facilitará al efecto. Pues tales datos ofrecerán escaso interés sino se les compara entre sí y con otros recogidos en comarcas más ó menos distantes y de ellos no se hacen la oportunas deducciones.”

25

Bosquejos científicos. Estudios sobre astronomía, física y meteorología al alcance de todas las personas / Máximo Fuertes Acevedo.— Badajoz: Imprenta de la Vda. de Arteaga, 1880.— VIII + 131 + III + 128 + 168 p.; 22 cm.; sign. 56-22, 55-126, 55-125, 54-38 y 53-204.

Ésta es una obra de divulgación científica, al estilo de Echegaray. Se reúnen en ella una serie de ‘artículos’ referentes a la astronomía, la física y la meteorología. Destaca el interés del autor para que el contenido de la obra esté al alcance de cualquiera y el carácter moderno, o al menos no anticuado, de los conocimientos que difunde. Puede ponerse como ejemplo el artículo titulado ‘calor’, donde se critica la vieja teoría del calórico. El autor procura que tengamos una lectura amena y entretenida. Para ello introduce biografías y notas históricas, así como algunas cosas de carácter local como notas sobre la estación meteorológica de Valdesevilla, situada en las cercanías de Olivenza (Badajoz).

26

El año meteorológico de 1880 en Badajoz / Máximo Fuertes Acevedo.— Badajoz: Imprenta de la viuda de Arteaga, 1881.— 23 p.; 17 cm.; sign. 53-130 (dedicatoria autógrafa del autor).

En este folleto se comentan las particularidades meteorológicas del año 1880 en Badajoz. En el texto explicativo que hay antes de las tablas de datos, se comentan los diferentes aparatos de que consta la estación meteorológica de Badajoz, situada en el edificio del Instituto de segunda enseñanza de la ciudad. Después se comentan las particularidades meteorológicas que ha habido en la ciudad. El autor resume el año meteorológico de la siguiente manera:

“El resultado pues, de estas observaciones confirman la opinion que de este clima manifestamos en nuestro trabajo del año anterior que terminamos con estas palabras: Salvo estos extremos, la temperatura es deliciosa, aunque siempre pronunciada, las lluvias escasas y el cielo puro y despejado.”

Interesante para la historia local, el autor menciona un terremoto:

“No haremos aquí mencion, porque no es fenómeno meteorológico, sino geológico, del ligero terremoto de oscilacion y trepidacion bastante acentuada, que se sintió á las 6h y 50’ de la mañana del dia 21 de Octubre, dirigiéndose al parecer de NO. á SE.; temblor que se percibió asimismo en Olivenza y Valdesevilla de esta provincia.”

27

El año meteorológico de 1881 en Badajoz / Máximo Fuertes Acevedo.— Badajoz: Tipografía La Industria, de Uceda hermanos. Badajoz, 1882.— 20 p.; 17 cm.; sign. 53-130.

El folleto comienza:

“Al publicar hoy las observaciones meteorológicas recogidas durante el año de 1881, nada diremos de la Estacion y de los aparatos con que cuenta por que consta ya en *El año meteorológico de 1880* y ninguna alteracion ni novedad se ha introducido en ellos; pero en cambio publicamos con gusto las Observaciones hechas en la Estacion de Valdesevilla, montada á espensas del rico propietario, diputado á Córtes por esta provincia é inteligente marino D. Cecilio de Lora. Con los datos que proporciona Valdesevilla puede ya formarse algun juicio del clima que distingue á aquella comarca, los vientos en ella dominantes, la cantidad de lluvia, etc., etc.”

Antes de presentar los datos tabulados, se mencionan las más dignas particularidades meteorológicas de cada mes. Especialmente curiosas son las de Junio, por añadir otros elementos:

“Junio.- Se señaló este mes por la presencia de un cometa el dia 25 y siguientes, cerca de la polar, de núcleo brillante y cola uniforme.- El dia 28 aparicion de brillantes estrellas fugaces y á las diez de la noche de ese dia una sobre todo produjo tal claridaz al disiparse en el espacio ó desaparecer de nuestra vista que iluminó la poblacion de un modo sorprendente.- En estos dias la temperatura se elevó de un modo notable.”

28

Elementos de física y nociones de química / Máximo Fuertes Acevedo.—2ª ed.— Badajoz: La Minerva Extremeña, 1882.— 459 + 131 p.; 22 cm.; sign. 56-4.

La primera edición de este libro data del año 1879 y ya ha sido comentada. Este texto también se utilizó en el Instituto de Badajoz y aún en 1894 se usaba en el Instituto de León. Su precio era de 10,50 pesetas. No hay apenas cambios respecto a la primera edición. El libro está dedicado a Cecilio de Lora y Castro, que era el dueño de la estación meteorológica de Valdesevilla y Diputado a Cortes.

GANOT, A.

Físico francés. Nació en 1804 y murió en 1887. Su libro de texto fue utilizado en muchas escuelas y universidades europeas. Todas las ediciones apenas tienen modificaciones sustanciales respecto a la primera edición francesa.

29

Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología / Adolphe Ganot; Traducida, anotada y ampliada por Eduardo Sánchez Pardo y Eduardo León Ortiz.— 7ª ed.— Madrid: Carlos Bailly-Bailliere, 1876.— VIII + 887 p.; 23 cm.; sign.

El volumen que pertenece a la biblioteca no tiene ni la portada ni las primeras hojas. Sin embargo, hemos comprobado que este ejemplar falto es sin duda alguna la obra del físico francés que hemos apuntado más arriba. Esta obra fue muy utilizada en los primeros cursos de universidad, en España y en varios países de Europa. Además, en la biblioteca existe una edición francesa. Dado que faltan las primeras hojas, se copia el prólogo del traductor de otro ejemplar al que se ha tenido acceso:

“PRÓLOGO DEL TRADUCTOR

Los rápidos progresos que en nuestros días hace la ciencia física, obligan á los autores que la exponen á publicar con frecuencia nuevas ediciones de sus obras.

Muy estimado, dentro y fuera de Francia, el *Tratado de Física* de A. Ganot, este autor halla en el aprecio con que el público acoge siempre su obra, el mejor estímulo para no dejarla un punto rezagada en el progreso de la ciencia. Agotada, apenas publicada una edición, si una nueva teoría se establece, si un nuevo aparato se inventa, la exposición de aquella, ó la descripción y explicación de este, quedan sin tardanza consignadas en otra edición.

Deseoso por su parte el editor D. Carlos Bailly-Baillière de que nuestro público en general, y particularmente los alumnos de nuestros Institutos y Facultades sigan á la ciencia en sus últimos adelantos, nos encomendó la traducción de la última edición del citado *Tratado de Física*. Mas al encargarnos de este cometido, con objeto de que la edición española fuera mas completa, juzgamos conveniente, correspondiendo por otra parte así á los deseos del editor, conservar algunas teorías, la exposición de varios experimentos y la descripción de algunos instrumentos ó aparatos que en ediciones anteriores de la mencionada obra figuraban, y en la última hánse total ó parcialmente suprimido.

Algunas adiciones convenia además introducir. No dándose en nuestros establecimientos de enseñanza un curso de Mecánica anterior al de Física, era indispensable ampliar las sucintas nociones de aquella ciencia, dadas por el Sr. Ganot en su obra. El barómetro es instrumento tan importante, y hoy ya tan usual, que acerca de su manejo y aplicaciones convenia ocuparse mas detalladamente. También, como el interés mayor por la Meteorología es hasta cierto punto local, debíamos añadir algunos datos y estados concernientes á nuestra Península y á algunas de nuestras posesiones en Ultramar. Algunas notas para la mejor inteligencia del texto han sido también puestas.

Contábamos para compartir nuestra tarea, con la ayuda de nuestro compañero D. Eduardo Leon, á quien se deben en su mayor parte las adiciones de Mecánica; pero casi en el principio, concluido el LIBRO III, nuevas é ineludibles ocupaciones impidieron de todo punto á nuestro compañero continuar prestándonos su cooperación.

EDUARDO SANCHEZ PARDO.”

GONZÁLEZ VALLEDOR, Venancio; CHÁVARRI, Juan.

Venancio González Valledor muere el 17 de diciembre de 1867. Doctor en ciencias, fue catedrático de física en la Universidad Central. Fue electo fundador de la Academia de Ciencias en 1847.

30

Programa de un curso elemental de física y nociones de química / Venancio González Valledor; Juan Chávarri.—2ª ed.— Madrid: Imp. del Colegio de sordo-mudos y ciegos, 1851.— 452 + XI p.; 19 cm.; sign. 55-130.

Se trata de una de las obras de texto más populares en la España de mediados de siglo. Los autores escriben sobre esta segunda edición:

“La favorable acogida que obtuvo la primera edición de esta obra, de la que ya escaseaban los ejemplares, nos á movido á hacer una segunda edición procurando se hallen en ella todos los puntos capitales de la ciencia. Se ha aumentado en consecuencia, con algunas doctrinas y detalles de no escaso interés, tales como el *endosmose*, *estado esferoidal*, *barómetro aneroide*, *máquina hidroeléctrica*, y algunas otras; lo cual unido á las mejoras verificadas también en la parte material de impresión y grabado, nos hace esperar que esta edición será recibida con la misma benevolencia que la anterior.”

Se puede ver en la contratapa del ejemplar de la biblioteca una hermosa estampa que dice: “LIBRERÍA / DE / JUAN GREG°. TORIBIO. / BADAJOZ./ Calle de la Rebolla, nº 18”.

31

Programa de un curso elemental de física y nociones de química / Venancio González Valledor; Juan Chávarri.— 4ª ed.— Madrid: Imp. del Colegio de sordo-mudos y ciegos, 1856.— 485 p. + 7 lám.; 20 cm.; sign. 53-192.

Una nueva edición de esta obra. El prólogo de los autores dice:

“La favorable acogida que, tanto en la Península como en América, ha tenido esta obra de la cual en pocos años se han agotado tres ediciones numerosas, nos impone la obligacion de dar á la luz la cuarta. A pesar del corto tiempo transcurrido desde 1854 en que presentamos al público la tercera, se han hecho en las nociones de química las adiciones y variaciones que los adelantos de la ciencia y el carácter elemental de la obra exigen.

Esperamos confiados que nuestros profesores apreciarán en lo que valen nuestros esfuerzos, dirigidos á facilitar á los alumnos la adquisicion de conocimientos tan útiles como agradables.”

Además, se incluye una dedicatoria de los autores a su maestro:

“A LA BUENA MEMORIA
DEL INOLVIDABLE GEOMETRA Y FISICO

Ilmo. Sr. D. Antonio Gutierrez,

Catedrático que fue en los Estudios Reales (vulgo de San Isidro) de Madrid, y en el conservatorio de Artes; individuo de la Direccion general de Estudios, y del Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales, etc., etc.

COMO DISCIPULOS AGRADECIDOS:

LOS AUTORES.”

32

Programa de un curso elemental de física y nociones de química / Venancio González Valledor; Juan Chávarri.—5ª ed.— Madrid: Imp. del Colegio de sordo-mudos y ciegos, 1857.— 485 p. + 7 lám.; 20 cm.; sign. 53-180.

Esta quinta edición no se distingue apenas de la cuarta, anteriormente reseñada.

33

Programa de un curso elemental de física y nociones de química / Venancio González Valledor; Juan Chávarri.—10ª ed.— Madrid: Imp. del Colegio de sordo-mudos y ciegos, 1870.— 486 p. + 7 lám; 21 cm.; sign. 54-46.

Esta nueva edición no tiene diferencias significativas con las anteriores, exceptuando que no lleva introducción.

GUTIÉRREZ BUENO, Pedro.

34

Observaciones sobre el galvanismo / Pedro Gutiérrez Bueno.— Madrid: Imprenta de Villalpando, 1803.— 36 p.; 16 cm.; sign. 55-130.

Se trata de un folleto de principios del XIX sobre electricidad, más concretamente sobre galvanismo. Estos temas estaban muy de moda entre los ilustrados españoles de finales del siglo XVIII, pues estaban considerados como lo más moderno y vanguardista de la ciencia del momento. El inicio del folleto, a modo de introducción, se ha copiado:

“El año de 1764 observó Galvani profesor de fisica en Bolonia, que poniendo en contacto metales con los nervios y músculos de los animales, promovian irritaciones muy sensibles, mediante un fluido particular que se desprendia en el acto de tocarse los metales homogéneos ó heterogéneos, interponiendo un cuerpo húmedo.

Así como la capacidad para el calórico varía en los cuerpos, tambien es distinta la que tienen para este fluido metálico, que en el dia llamamos Galvanismo. Tiene la propiedad de tender al equilibrio; pues se nota que el metal que tiene mas lo comunica al que tiene menos, contribuyendo para esto la humedad: en un solo metal se observa el efecto por medio de la humedad; pero no pasa sin ella de uno á otro diferente.

Para poner en movimiento este fluido, tomémos una placa de un metal que tenga capacidad para él como uno, y otra placa de distinto metal que la tenga como dos:

interpongamos un cuerpo húmedo que tenga comunicación con una y otra; y la que tiene mas dará á la que tiene menos, hasta que las dos se pongan en equilibrio; esto es, que una y otra tengan igual cantidad de dicho fluído. La misma humedad contribuye para que vuelvan á su estado natural, y luego vuelven á equilibrarse: de manera que dicho fluído gira sin cesar entre los dos cuerpos ínterin haya humedad de por medio.

Quando la comunicación del fluído se hace de una mano á otra, del codo á la mano, de un oído á otro &c. se forma lo que llaman arco animal, y los metales que sirven para premover el fluído, se llaman *arco excitador, ó metálico.*"

IGLESIAS EJARQUE, Enrique.

Nació en Zaragoza. El 9 de junio de 1892 fue nombrado catedrático por oposición de física y química del Instituto de Badajoz. Se trasladó a Jerez de la Frontera el 31 de diciembre de 1896. Allí publicó, ese mismo año, la primera edición de sus *Elementos de Física*, que se editaron numerosas veces. También fue autor de un libro de texto sobre Química.

35

Elementos de electricidad y magnetismo / Enrique Iglesias Ejarque.— Madrid: Imprenta de la Revista de Navegación y Comercio, 1894.— 99 p.; 21 cm.; sign. 53-129 (dedicatoria autógrafa del autor).

El prólogo es muy breve y dice así:

"No obstante ser el magnetismo un caso particular de la Electricidad, los presentes Elementos llevan el doble título por razón de método.

Supongo al lector los conocimientos de matemáticas que se estudian en la segunda enseñanza y el conocimiento también de las unidades fundamentales y mecánicas *cegesimales*.

Finalmente: he fijado de preferencia la atención en la parte teórica, dejando para la experiencia la exposición de los detalles prácticos.

E. Iglesias.

Madrid 15 de Agosto de 1894."

Éste es un pequeño pero muy bien aprovechado tratado. El autor incluye además numerosas fórmulas. No lleva índice pero se ha compuesto para poder apreciar mejor el contenido de la obra:

CAPÍTULO PRIMERO.	Fenómenos generales.	7
"	II. Masas eléctricas.- Campo eléctrico.	
10		
"	III. Inducción eléctrica.	
13		
"	IV. Potencial eléctrico.	
15		
"	V. Trabajo eléctrico.	
18		
"	VI. Del condensador eléctrico.	
20		
"	VII. Energía eléctrica.	
24		
"	VIII. Máquinas eléctricas.	
27		
"	IX. Estudio numérico del campo eléctrico.	
31		
"	X. Campo electro-atmosférico.	
34		
"	XI. Pila eléctrica.	
37		

	"	XII.	Teoría del par eléctrico.- Diversos tipos de pares.
40	"	XIII.	Ley de Joule.
44	"	XIV.	Ley de Ohm.
46	"	XV.	Leyes de Kirchoff.
49	"	XVI.	Ley de Faraday.
51	"	XVII.	Aplicaciones de la electrolisis.
55	"	XVIII.	Magnetismo. Fenómenos generales.
59	"	XIX.	Potencial magnético.
62	"	XX.	Magnetismo terrestre.
64	"	XXI.	Campo terrestre.
66	"	XXII.	Inducción magnética.
68	"	XXIII.	Imanes permanentes.
70	"	XXIV.	Electromagnetismo.
72	"	XXV.	Solenoides.- Electroimanes.
76	"	XXVI.	Aparatos para mediciones eléctricas.
79	"	XXVII.	Corrientes de inducción.
84	"	XXVIII.	Transformadores.
87	"	XXIX.	Telegrafía.- Telefonía.
90	"	XXX.	Alumbrado eléctrico.
93	"	XXXI.	Unidades eléctricas.
96			

36

Elementos de física / Enrique Iglesias y Ejarque.- Jerez: Imprenta de Crespo Hermanos, 1897.- 239 p.; 21 cm.; sign. 56-23.

Este texto llegó a tener varias ediciones. La última que se conoce es la décima (Vitoria, Imprenta de la Viuda e Hijos de D. Sar, 1933). El precio de la obra (en rústica) era 7 pesetas.

LAURENCIN, Paul.

37

La chispa eléctrica / Paul Laurencin; traducido por G. R. y M.- Madrid: Imprenta de Gaspar y Roig, [s.a.]- 207 p.; 18cm.; sign. 56-107.

Éste es otro de los pequeños volúmenes de la Biblioteca Científica Recreativa. Está dedicado a la electricidad. Consta de los capítulos: I. Una potencia desconocida; II.- La chispa; III.-El rayo; IV.- Relámpagos y truenos; V.- Medios de defensa; VI.- Fenómenos naturales; VII.- La brújula; VIII.- La pila eléctrica; IX.-

Electro-magnetismo; X.- El telégrafo; XI.- Líneas telegráficas; XII.- Telégrafo submarino; XIII.- Mecánica eléctrica ó electricidad mecánica; XIV.- Transformación del movimiento en electricidad; XV.- La luz eléctrica; XVI.- El químico y la electricidad; XVII.- Dorado y plateado eléctrico; XVIII.- Electricidad disimulada; XIX.- Electricidad médica; XX.- Electricidad vital.

LIBES, Antonio.

Físico francés, nació en Beziars en 1752 y murió en París en 1837. Profesor de física en Beziars (1792) y de física y química en el Real Colegio de Toulouse, fue separado de su cátedra por la Revolución, siendo luego nombrado para explicar la misma materia en la Escuela Central de París, que más tarde se llamó Liceo Carlomagno. Se le debe el haber encontrado la electricidad desarrollada por el contacto o frotamiento de sustancias que hasta entonces no se habían considerado como susceptibles de electrizarse.

38

Tratado de física, completo y elemental / Antonio Libes; traducido por Pedro Vieta.— 2ª ed.— Barcelona: Antonio Brusi, 1821.— 3 vols.; Volumen I: XII + 234 p. + 7 lám.; 21 cm.; sign. 54-41.— Volumen II; 224 p. + 4 lám.; 21 cm.; sign. 54-42.— Volumen III: 239 p. + 7 lám.; 21 cm.; sign. 54-43.

Este texto fue el primero que se recomendó explícitamente en los planes de estudio para la enseñanza de la física experimental. Esta materia absorbió la física de los escolásticos. La primera edición del texto es de 1802. Pedro Vieta, el traductor, muestra un considerable conocimiento del estado de la física de su tiempo en el prólogo del libro:

“PRÓLOGO DEL TRADUCTOR.

Los adelantamientos con que cada día se enriquece el estudio de la naturaleza exigen que se pusiese en nuestro idioma una obra, en que se viese fijado el estado actual de la física. Esta ciencia madre se cultiva cada día en nuestra España con mas generalidad, y el convencimiento de sus utilidades ha hecho que S.M. determinase que constituyese parte de la comun educacion; desaparecerán con esto muchas preocupaciones dañosas, el genio de la observacion se verá mas generalizado, y el espíritu de adelantamiento no se verá ridiculizado unas veces por la estúpida ignorancia, y otras por el pedante charlatanismo. Constituido en el estado de enseñar, y con esto mas obligado á procurar la ilustracion de mi patria, viendo la falta de obras de esta naturaleza, dudoso entre el traducir y el componer, escogí como á mas corto aunque menos glorioso el primer medio, á fin de que se diese asi mas pronto á luz una obra, en que pudiesen consultarse los descubrimientos modernos. Examinados con este motivo varios tratados de los que de esta materia han salido desde el año trece á esta parte, me ha parecido que ninguno llenaba mejor vacío que el tratado de física del señor Antonio Libes, que presento traducido en tres tomos. El buen orden de materias, el método claro y analítico en esponerlas, el servirse de egemplos triviales propios para hacerse inteligible hasta á los que no conozcan el aparato científico, son circunstancias que le recomiendan y que afianzan su utilidad. No hay duda que ciertos puntos se ven mas estensamente tratados en otras obras, como por egemplo los descubrimientos de polarizacion de la luz en *Biot*, los de cristalizacion en *Hauy*, pero estas obras son incompletas, y de otra parte se hallan en la presente los descubrimientos fundamentales de una y otra propiedad. Acompañan á estos muchos otros descubrimientos recientes espuestos con tanta claridad como concision, de manera que nada apenas dejan que desear en el estado actual de la ciencia. La feliz teoría de Laplace acerca de la capilaridad, los métodos mas aproximados de medir alturas por medio de los barómetros según Daluc, Biot, Arago y Laplace, la aplicación de la pila de Volta para la descomposicion de los oxides [sic] térreos y alcalís, según los descubrimientos de Davis, la balanza eléctrica de Coulomb, los delicados esperimentos del mismo sobre el rozamiento, las atracciones tanto planetarias como molecular etc., todo se ha espuesto de un modo satisfactorio y convincente. Estas y otras muchas razones que omito, por hallarse ya

indicadas en la introducción del autor hacen apreciable la obra. El cálculo, recurso interesante para el adelantamiento de la ciencia, ni se halla superfluo aplicado, ni falta en donde por su auxilio se puede llegar á consecuencias sublimes y para mayor comodidad va siempre puesto en notas. En la versión castellana ha sido preciso admitir ciertas voces, como torsión, fuerza de torsión, lucidez, etc. Introducidas en la ciencia, por que las que mas se les aproximan en castellano no mueven una idea tan íntimamente unida á los fenómenos que con ellas se quieran indicar, como aquellas que el uso irá poco á poco introduciendo, y cuyo sentido se ve bien en la lectura del párrafo en que se hallen. En esta segunda edición va embebido el suplemento que se ofreció en la primera, y los capítulos ó notas que sean de adición irán precedidos de esta señal (*); y para los que tengan la primera edición se pondrá un suplemento que se venderá por separado. Para la mejor inteligencia de la obra al fin del tercer tomo se pondrán tablas de reducción de la medida decimal francesa á las medidas mas recibidas en España.”

LOZANO Y PONCE DE LEÓN, Eduardo.

Nace en Campanario (Badajoz) el 18 de febrero de 1844 y muere en Madrid el 8 de junio de 1927. Bachiller en Ciencias (1866) por la Universidad Central con la calificación de *Sobresaliente*. Bachiller (1870) en Ciencias Físico-Matemáticas y Químicas con la calificación de *Aprobado* en la citada Universidad. Doctor (1880) en Ciencias Físico-Matemáticas con la calificación de *Sobresaliente*.

Catedrático numerario de Física y Química del Instituto de Teruel (1876), Toledo (1881), Málaga (1882). Catedrático numerario de Física Superior de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Barcelona en virtud de concurso y propuesta el 17 de Noviembre de 1884. Se traslada a la Universidad Central en abril de 1901 como catedrático de Acústica y Óptica.

Además de su producción de libros científicos, de nivel aceptable, se quiere señalar su vinculación con la preocupación y ocupación de lo que podríamos considerar el compromiso con el pueblo. A lo largo de su vida es una constante su preocupación por la educación del pueblo. Otra preocupación es la divulgación de la ciencia, que se plasma en artículos como *¿Por qué no se popularizan las ciencias?* o el *Azul del cielo* o *La música y las vibraciones*.

39

Estudios físicos. Tomo I / Eduardo Lozano.— Teruel: Imp. de la Casa Provincial de Beneficencia, 1879.— 88 p.; En la biblioteca se encuentra un volumen fotocopiado.

Primer tomo de una serie de obras con artículos dirigidos al gran público. En este texto se encuentran “Azul del cielo” (que también fue publicado en *El Magisterio Extremeño*), “Orígenes del Calor” (también fue publicado en la *Revista de la Sociedad de Profesores de Ciencias*) y “La Tempestad”.

40

Estudios físicos. Tomo II. Tratado de acústica / Eduardo Lozano y Ponce de León.— Madrid: Imprenta de Gregorio Juste, 1880.— 79 p.; 21 cm.; sign. 53-129.

Es sorprendente encontrar una monografía dedicada a la acústica, una rama aparentemente muy especializada de la física. Lozano, como gran docente, se da cuenta de la importancia que la acústica tiene en su momento histórico:

“La importancia de los últimos descubrimientos de la bellísima Ciencia del Sonido, cuales son, el teléfono y el fonógrafo, han llegado á hacerlos populares; pero hay muchas personas de instrucción bastante general, que desconocen, sin embargo, cuál ha sido el fundamento de estas y otras prodigiosas invenciones de la misma ciencia; en una palabra, que ignoran los fenómenos y leyes más rudimentarias de la Acústica.”

41

Nociones de mecánica de sólidos / Eduardo Lozano y Ponce de León.— Madrid: Establecimiento tipográfico de Gregorio Juste, 1881.— 179 p.; 21 cm.; sign. 54-127.

Lozano, consciente de la importancia de ideal mecánico en su física contemporánea, redacta este manual dedicado exclusivamente a la Mecánica. Dice en el prólogo:

“Acostumbran los autores á encabezar sus libros con un prólogo, donde ponen de manifiesto el propósito que los anima y los fines que pretenden realizar con su publicacion. Plausible nos parece semejante costumbre y muy conforme al derecho que asiste á los lectores entendidos para que, en vista de las razones alegadas y despues de un exámen concienzudo, pronuncien su fallo inapelable acerca del mérito de la obra.

En las didácticas elementales, como la presente, la crítica suele darse por satisfecha si reúnen claridad y buen método expositivo; porque tales dotes compensan la falta de doctrina nueva, y aún sería impropio y perjudicial para la enseñanza desnaturalizar la índole de estos tratados introduciendo innovaciones cuya importancia no está bien reconocida, haciéndose necesarias únicamente las reformas cuando lo exigen así los conocimientos ulteriores que debe adquirir el principiante. Hay que añadir á las condiciones anteriores la oportunidad ó necesidad del libro; pues habiendo ya un texto que las satisfaga cumplidamente, no sólo es ocioso publicar otro que exponga la misma materia, sino que en nuestro concepto debe anatematizarse el prurito de escribir traduciendo ó copiando sin discernimiento á fin de emborronar muchas páginas, en donde, bien mirado, nada hay en el fondo ni en la forma que pertenezca realmente á quien á toda costa anhela pasar por autor de libros voluminosos, cuando no busca satisfacer miras puramente comerciales. ¿Habremos incurrido nosotros en semejantes defectos, dignos de censura y anatema? Lo tendríamos como una gran desgracia, porque si bien queremos indulgencia para nuestro modesto trabajo, jamás viera la luz pública si juzgáramos que no puede contribuir en algo al desarrollo y esmerado cultivo de las ciencias que profesamos, cuya generalizacion es la base de la prosperidad de las naciones y debe preocupar seriamente á los encargados de difundirlas.

¿Satisfacen las ligeras nociones de Mecánica de sólidos, que necesariamente contienen nuestros textos de Física, las exigencias actuales de la enseñanza? Distan mucho de ello en nuestra humilde opinion; y sin desconocer el notable mérito bajo otros conceptos de todos y cada uno de los mencionados libros, no nos explicamos el desdeñoso abandono con que se mira esta importantísima parte, que es la base fundamental de la asignatura; sin que pueda servir de legítima excusa la complejidad de la misma, la brevedad del curso, ni alegar aparatosamente que para adquirir los conocimientos de Mecánica indispensables es preciso aplicar los de Matemáticas elementales, á que no muestran grande aficion la generalidad de los discípulos.

El constante y rápido progreso de la Física, requiere en nuestro tiempo un método más racional de enseñanza que el ántes seguido, y va acentuándose de día en día aún en la exposicion de los Elementos. Ahora bien, siendo la Mecánica el fundamento de las reformas, miéntras no se estudie formando asignatura aparte en la enseñanza secundaria, es de absoluta necesidad ampliar un poco y metodizar un tanto las nociones de esta ciencia, evitando cuidadosamente incurrir en inexactitudes y acudir á demostraciones incompletas ó poco rigurosas sin advertirlo de una manera explícita y terminante. La experiencia enseña efectivamente que la falta de precision en el razonamiento deja el ánimo en estado de penosa incertidumbre, y convirtiéndose este descuido en procedimiento vicioso, ofusca la inteligencia del alumno, que se habitúa insensiblemente á aceptar las leyes, verdades ó errores, sin exámen ni criterio propio, bajo la fe y autoridad del libro: mal hartó grave y de la mayor trascendencia en la educacion científica de la juventud.

Aquí pudiéramos extendernos en señalar las ventajas que hubiéramos querido encerrara nuestro libro, insistiendo en algunos detalles que pasan desapercibidos para los sábios; pero que si contribuyen á simplificar la ciencia y facilitar la enseñanza, son interesantísimos á Profesores y alumnos aplicados. Dejamos al reconocido celo de aquéllos y al afan de aprender de éstos la tarea de hojearle: á ellos corresponde decidir del acierto que hayan tenido nuestros buenos propósitos.

Julio de 1881.”

42

Nociones de Mecánica / Eduardo Lozano.— 2ª ed.— Barcelona: Establecimiento tipográfico de Jaime Jepús, 1889.— 219 p.; en la biblioteca existe un ejemplar fotocopiado.

Segunda edición de la nociones de mecánica. No es de extrañar que las monografías sobre mecánica fuesen las más populares ya que, en general, la física del siglo XIX estuvo dominada por esta rama, dando una visión mecanicista de la naturaleza. Respecto la obra en sí, aparte de una breve introducción, está dividida en dos grandes bloques dedicados a la estática y a la dinámica. Trata los tópicos comunes de los libros de texto.

43

Elementos de física / Eduardo Lozano y Ponce de León.— 3ª ed.— Barcelona: Jaime Jepús y Roviralta, 1893.— VIII + 776 p.; 22 cm.; sign. 56-135.

Se trata probablemente del libro español de física más utilizado en la universidad en el tránsito del siglo XIX al XX. Sus contenidos son muy modernos y están ordenados bajo el concepto de energía de la siguiente forma:

Primera Parte.- Energía Mecánica.

Propiedades generales. Mecánica de sólidos. Dinámica. Mecánica de fluidos. Acústica.

Segunda Parte.- Energía Física.

Calor. Luz. Electricidad. Meteorología.

44

Prácticas de Física / Eduardo Lozano y Ponce de León.— Barcelona: Imprenta de Jaime Jepús y Roviralta, 1894.— VI + 128 p.; En la biblioteca existe un ejemplar fotocopiado.

Esta obra es una prueba más del interés de Eduardo Lozano por la educación y la didáctica de la física. Con ella, intenta darle a la enseñanza de la ciencia un carácter práctico y experimental. Sobre estos temas, el autor dice en el prólogo:

“Aún no se han puesto de acuerdo los Pedagogos acerca del *método preferible* para la más acertada exposición de la Ciencia; pues los unos afirman que debe ser *cíclico*, ó concéntrico, generalizando á todos los grados de la enseñanza, y especialmente á la secundaria, lo que se practica en la Escuela de párvulos; mientras sostienen otros con empeño la conveniencia de que en nuestros Institutos subsista el actual sistema, reducido, si debidamente hubiera de cumplirse lo preceptuado en la Ley del 57, á ordenar con riguroso encadenamiento lógico las diversas partes de cada asignatura, fijándose asimismo la dependencia y prelación que debe existir entre todas las comprendidas en el periodo del Bachillerato; en una palabra, lo que ha dado en llamarse con menosprecio del diccionario castellano la *enseñanza serial*.

Ni es ocasión oportuna ni nos proponemos apoyar ni combatir teorías pedagógicas y menos los esfuerzos de los sustentadores de una ú otra escuela, para alcanzar el triunfo de sus ideales, plausibles acaso por más de un concepto cuando son desinteresados, pero cuyas exageraciones conducen á mantener este vaivén continuo y el consiguiente profundo malestar que trastorna la marcha ordenada de los organismos todos de la Sociedad española, y de un modo especial el régimen docente cuando no se implantan las reformas con ánimo sereno y madurez de juicio, sin la precipitación y el apasionamiento del sectario, dirigiéndose al fondo de las cuestiones y no á lo exterior y superficial del objeto sobre que versan.

Concretándonos empero, al asunto de este trabajo creemos que ya es tiempo de que pensemos seriamente los españoles en dar un carácter práctico y experimental á los estudios que han de servir para educar á la nueva generación: somos retóricos, poetas y soñadores por temperamento, debido sin duda á las influencias de clima y de raza, y es preciso que la educación modere los arrebatos de la fantasía y corrija los extravíos de que es susceptible esta tan preciosa cuanto temible facultad si se desborda, cuando por el contrario parece que todo en ella conspira á fomentar las exageraciones de nuestro carácter. Así se explica que la ciencia más atrasada entre

nosotros sea la Física, precisamente el estudio que debiera formar la base de la cultura nacional, no sólo porque su importancia está reconocida en todas partes á causa de la utilidad de sus continuas aplicaciones á los distintos órdenes de la actividad característica de la vida moderna, sino muy principalmente porque contribuiría á despertar en nuestra juventud el espíritu observador y práctico, dispuesto á acatar las lecciones de la experiencia y por ende á refrenar los impulsos irreflexivos, que tanto perjudican á los pueblos meridionales, principalmente porque dan pábulo á la ignorancia, que fatalmente los conduce á la ruina, dejándose facilmente embaucar por la charlatanería de los que mas alto vociferan con la autoridad de oráculos y el aparente convencimiento y la previsión de la verdadera ciencia, aunque se encuentren á la misma altura que los demás en el conocimiento de la Naturaleza y de sus leyes inmutables, fundamento de las verdades que de un modo inmediato más interesan al hombre.

Si no por culpa del Profesorado, que hace laudables esfuerzos para que la enseñanza de la Física tenga su carácter propio, matemático-experimental, es lo cierto que adolece por regla general de graves defectos. Y no puede suceder otra cosa atendidas las condiciones en que la ley nos coloca: deben explicarse en corto tiempo muchas y vastas asignaturas, cual sucede en el último curso del Bachillerato y en el preparatorio de varias Facultades, contando con pocos aparatos y ejecutándose los experimentos ante centenares de espectadores, como si fueran juegos de prestidigitación más propios para divertir que para auxiliar á los jóvenes é iniciarlos en un estudio serio y digno de toda su atención.

Otro resultado y otros frutos se alcanzarían, dado el celo de los Catedráticos, si se les facilitara todo el tiempo y los medios indispensables para dar las prácticas que la misma exige; debiendo empezar el estudio experimental en la Escuela primaria á fin de que no carezcan de conocimientos físicos los obreros, los menestrales y las demás personas que por diversas causas no reciben otra instrucción superior, pues han de necesitarlos siquiera *para vivir en su siglo*, aun cuando no sigan carrera científica.

Como se concedieran las facilidades que antes indicamos, pudieran vivir tranquilos y satisfechos los partidarios del ciclismo: se realizarían sus buenos propósitos sin necesidad de recurrir á otros aparentes radicalismos. La principal ventaja de su sistema, que estriba en no olvidar lo difícil y malamente aprendido durante algunos meses cuando no se vuelve á insistir en la misma materia, se subsanaría por lo que respecta á la asignatura de que tratamos sin salir de la enseñanza serial que combaten por anticuada y rutinaria. Dedicando el primer curso de lección alterna á la Mecánica y al Calor, por ejemplo, y el segundo á la Acústica y á la Óptica simultaneada con manipulaciones y problemas correspondientes á la parte ya conocida, se pasaría luego á estudiar la Electricidad y ejercicios prácticos de lo anterior, con notable provecho de los alumnos, recordando de paso mediante la resolución de problemas los dos cursos de Matemáticas. Así se arraigan los conocimientos más necesarios para las ulteriores aplicaciones de la Física, procurando despertar las aptitudes de los jóvenes que andando el tiempo llegarán á ser especialistas y acaso verdaderos genios experimentadores. De este modo nos libraríamos de la plaga invasora de charlatanes y eruditos á la violeta que por desgracia amenaza devastar el campo de todas las profesiones, y cuya aparición y creciente desarrollo es la consecuencia lógica de la educación superficial y deficiente que el Estado impone a la juventud.

No faltará quien haciendo alarde de su amor al país se declare partidario de economías mal entendidas, regateando los sacrificios pecuniarios que tales reformas puedan ocasionar, pero no se quejen luego los que miran la instrucción popular como *materia explotable* si el Profesorado y la enseñanza no están á la altura que en otras naciones donde se estiman como la principal fuente de su riqueza y prosperidad; y no estaría demás recordar á estos miopes de la política y de la gobernación el sastre del famoso cuento de las monteras, que confeccionó *cinco*, con el paño tasado para una sola, capaz de cubrir la cabeza de un hombre.

Si en el apuro en que todos nos vemos para realizar verdaderos imposibles, nuestros queridos Comprofesores -á cuya iniciativa y favor se debe la publicación de estos pobres libros que hemos dedicado á la juventud estudiosa,- encuentran al recorrer sus páginas algo que pueda auxiliarlos en su difícil labor, daremos por bien empleado el tiempo y las dificultades que ofrece en medio de otras tareas, la de organizar trabajos, como el presente, de poco lucimiento y menos utilidad material; aunque desde luego declaramos que no es obra de un día y que en gran parte corresponde á nuestros alumnos, con especialidad á los hoy distinguidos compañeros D. Antonio Romero que se encargó de revisar la *primera edición* y D. Eduardo Fontseré quien con esmero y singular acierto me ayudara para la corrección de *esta segunda*: y encomendando estas Prácticas á la benevolencia del público inteligente, demos fin á los preámbulos y advertencias, que resulta demasiado prólogo para libro tan pequeño.

Mayo 1894.”

MARQUEZ Y CHAPARRO, Basilio.

Ingeniero industrial. Fue catedrático en varios Institutos como los de Alicante y Sevilla

45

Resumen de un curso de elementos de física experimental y nociones de química / Basilio Marquez y Chaparro.- Sevilla: Imp. y lit. de José M^a Ariza, 1886.- 2 vols.; Volumen I: 574 p.; 22 cm.; sign. 54-161.- Volumen II: 207 p.; 22 cm.; sign. 54-162.

Pese a estar dividida en dos volúmenes, es una obra típica de segunda enseñanza. El primer volumen, de mayor tamaño, está dedicado a la física y el segundo a la química. La estructura del libro es: preliminares, nociones de mecánica, atracción universal, acústica, luz, calor, electricidad, meteorología y química.

MARTÍN DE ARGENTA, Vicente y MARTÍNEZ PACHECO, José.

Vicente Martín Argenta, médico. Nace en Madrid en 1829 y muere en 1887. Fue director del Semanario Farmacéutico, catedrático supernumerario de la Facultad de Ciencias, subdelegado de Farmacia, presidente del Colegio de Farmacéuticos y académico electo de la Real de Medicina.

46

Nuevo tratado de física y química / Vicente Martín de Argenta; José Martínez Pacheco.- Madrid: Libr. de Victoriano Suárez, 1893.- 2 vols.; Volumen I: VIII + 482 p.; 24 cm.; sign. 55-44.- Volumen II: 605 p.; 24 cm.; sign. 55-45.

Ésta es una de las obras de segunda enseñanza más voluminosas de las que nos hemos encontrado. Un esquema del texto sería (con los curiosos términos utilizados por el autor):

FÍSICA

Parte primera.- Mecánica.

Parte segunda.- Libro primero.- Fotología. Libro segundo.- Termología. Libro tercero.- Electricidad y magnetología. Libro cuarto.- Meteorología.

QUÍMICA

Parte primera.- Química general. Parte segunda.- Química descriptiva.

MERINO, Miguel

Astrónomo español. Nació en Villafranca de Montes de Oca en 1831. Desempezó diversos cargos como profesor. En 1859 obtiene plaza de segundo astrónomo en el Observatorio astronómico y meteorológico de Madrid. Fue promovido a primer astrónomo en 1864. Recibió el nombramiento de Director interino en 1882, pasando a serlo en propiedad en octubre de 1887. Fue secretario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales durante 23 años. Murió en Madrid en 1905.

47

Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la península y algunas de sus islas adyacentes durante el año 1890 / Miguel Merino.- Madrid: Estab. Tipog. de los sucesores de Cuesta, 1893.- XVI + 372 p.; 23 cm.; sign. 55-62.

Se trata de otro de los volúmenes de observaciones meteorológicas que existen en la biblioteca. Esta vez los coordina Miguel Merino, en vez de Antonio Aguilar Vela, que había fallecido en 1882. En la relación de observatorios se cita la estación meteorológica de Valdesevilla (Badajoz), muy cercana a Olivenza. Sin embargo, no se publican sus observaciones por no haber datos suficientes de ella.

48

Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la península y algunas de sus islas adyacentes durante los años 1891 y 1892 / Miguel Merino.- Madrid: Tipografía de los sucesores de Cuesta, 1895.- XVIII + 428 p.; 23 cm.; sign. 55-63.

Otro volumen de la serie de observaciones meteorológicas de la península. En esta obra se publican las observaciones de dos años, cuando en los demás ejemplares de la biblioteca se publican sólo las de un año.

Montes, Antonio.

49

El año meteorológico de 1881 en Valdesevilla (Badajoz) / Antonio Montes.- Badajoz: Tipografía La Industria, 1882.- 17 p.; 17 cm.; sign. 53-130.

Gracias a los esfuerzos de Máximo Fuertes Acevedo y Cecilio de Lora, Badajoz contó con varias estaciones meteorológicas. Este folleto da cuenta de las observaciones realizadas en una de ellas. Curiosamente, las páginas del folleto están numeradas de la 21 a la 37, siguiendo la numeración del folleto de Máximo Fuertes *El año meteorológico de 1881 en Badajoz*.

Se copia el texto que incluye Antonio Montes:

"VALDESEVILLA, sobre cuya etimología, origen é historia pudiéramos hacer algunas indicaciones, (1) es una preciosa posesion, propiedad del Ilustrísimo Señor Don Cecilio de Lora, Jefe de la Armada y Diputado á Cortes por esta provincia, enclavada en una de las dehesas del término de Badajoz, de unas 800 hectáreas próximamente y que se halla situada á 25 kilómetros S. O. de la capital; á los 38° - 42' - 30" de latitud; 3° - 8' - 30" de longitud O. de Madrid y á 284,5 metros de altitud

En la parte N. del edificio principal se levanta la caseta donde se hallan instalados los instrumentos de observación, (excepto el barómetro que se halla convenientemente colocado), de escelente construccion y situados en las mejores condiciones. Declarada oficial esta Estación, sus observaciones se remiten diariamente á Madrid desde Badajoz, por telégrafo y se publican en la Gaceta como las de todas las Estaciones y Observatorios de la península, con la sola diferencia de un día de retraso, á causa de la falta de comunicación telegráfica entre Valdesevilla y Badajoz.

Montada y dirigida la Estacion de Valdesevilla por su muy entendido propietario, los datos que proporciona estamos seguros merecerán la mayor confianza y serán apreciados en todo su valor por cuantos en la provincia y fuera de ella se interesan por el conocimiento del clima meteorológico de esta comarca, bien distinto del clima geográfico. Y no decimos más sobre este punto, porque quizás, resintiéndose su modestia no fuera del agrado del Sr. de Lora.

Nos creemos dispensados de hacer un estudio comparativo entre las observaciones recogidas en Valdesevilla y las que ofrecen en su publicacion anual la Estacion de Badajoz, porque le harán seguramente nuestros lectores, encontrando grande relacion entre unas y otras, teniendo en cuenta, por supuesto, la diferente altitud i situación topográfica de uno y otro punto.

Por lo demás, el año meteorológico se deslizó en lo general tranquilo, sin ofrecer notables fenómenos.

Enero.- En los días 21, 27 y 28 grandes lluvias que desbordaron los arroyos y el 29 poco antes del medio día viento huracanado con lluvias que con anticipación anunció el barómetro tomándose en consecuencia precauciones.

Febrero.- Como particularidad digna de mencionarse, los relámpagos y truenos de las noches del 4 y 26.

Marzo.- Vientos fuertes del tercer cuadrante que han producido continuas lluvias sobre todo en los últimos días del mes.

Abril.- Continúan las lluvias iniciadas en el mes anterior, durante las dos primeras décadas pero pronto cambió la temperatura por extremo agradable y el cielo se presentó al finalizar el mes sereno y despejado.

Mayo.- Pasa el mes tranquilamente salvo tres días, (14, 15 y 25) de lluvia, notable la del día 15.

Junio.- Aparición de un hermoso cometa cerca de la estrella polar.- El 26 numerosas estrellas fugaces, siendo notables algunas de la noche del 28.

Julio.- Sin ninguna particularidad meteorológica.

Agosto.- Sin accidente alguno notable, salvo la elevada temperatura de la primera década especialmente.

Setiembre.- Se rectifica la altura de Valdesevilla sobre el nivel del mar, por las observaciones hechas por esta estación comparadas con las de San Fernando y Lisboa.

Octubre.- Nada de particular excepción hecha de la lluvia ordinaria los días 4, 6, 19, 21, 22, 23, 24 y 25.

Noviembre.- Sin fenómeno ninguno especial la temperatura al finalizar el mes (día 29) desciende notablemente para esta comarca, á 1 grado.

Diciembre.- Pasa sin particularidad digna de recordarse.

Valdesevilla 20 de Enero de 1882.

Antonio Montes.

(1) No habiendo sido posible compulsar ciertos datos referentes á la historia de Valdesevilla, dejamos para el año próximo esta clase de noticias.”

MORQUENCHO Y PALMA, Genaro.

Nació en Burgos en 1826. Doctor en Ciencias y licenciado en Farmacia. Fue catedrático y director de la Escuela de Agricultura de Tudela y después profesor de economía rural en la Escuela Central de Agricultura de Aranjuez. Después pasó a la Universidad Central. Fue secretario del *Círculo Económico Español* y director de *La España Agrícola*.

50

Manual o resumen de un curso de física experimental, y nociones de química / Genaro Morquencho y Palma.— Madrid: Imp. y libr. de D. Ignacio Boix, 1845.— 478 p.; 16 cm.; sign. 53-69.

Este libro fue donado a la Sociedad de Amigos del país de Badajoz por D. Mariano Ordóñez. Se trata de una de las primeras obras de física y química que se escriben para su uso en Institutos de segunda enseñanza. El prólogo nos indica el planteamiento del autor respecto a las obras de texto existentes:

“PROLOGO.

Entre las varias obras elementales de Física que se han publicado en castellano estos últimos años, no hay una que pueda satisfacer cumplidamente las necesidades de los jóvenes que estudian en los Institutos de segunda enseñanza. No se crea por esto que queremos rebajar ni en un ápice el gran mérito de los *elementos de Física y Meteorología de Mr. Pouillet*; pues su filosofía y la estension de sus tratados la hacen muy superior á nuestra crítica: ni que queremos despreciar el *curso elemental escrito por Deguin*, que con tanto juicio ha compendiado y metodizado la obra de Pouillet: ni que olvidamos los interesantes elementos de Despretz: ni que prescindimos del tratado elemental de Mr. Beudant; no: estas obras comprenden con mas ó menos estension, con mas ó menos órden, cuanto se puede aprender en un

solo curso; todas tienen su mérito respectivo; pero ninguna, repetimos, puede satisfacer las necesidades de aquellos alumnos. El curso de Física y Química que se enseña en nuestros Institutos comprende algunas ideas de mecánica, un estudio bastante detenido de la Física, y algunas nociones de la Química. El conocimiento de estas materias es indispensable en la enseñanza secundaria, que se dispensa á los que han de continuar el estudio de esta ó de la otra facultad, y á los que han de retirarse á sus hogares para ser honrados ciudadanos, ó instruidos agricultores ó fabricantes. Ninguna de aquellas obras se ocupa de las nociones de Química, porque tampoco correspondia á su objeto; exponen unas con brevedad ciertas ideas de mecánica; y ninguna trata con precision suficiente la Física; ninguna en fin puede servir de texto á los niños que llegan á nuestros establecimientos á estudiar el curso de Física y Química. Todas se ocupan con demasiada estension de las cuestiones que tratan, y á los niños solo puede convenirles mucho laconismo y repeticiones de las esplicaciones y experimentos del Profesor.

Conociendo desde un principio el vacío que habia en esta parte de la instrucción, me determiné á redactar un cuaderno de Física y Química que pudiera facilitar mi enseñanza, imitando en esto á algunos comprofesores; pero he conocido que los discípulos se han concretado á lo que el cuaderno encerraba, sin que nada les pudiera obligar á consultar el autor que constantemente les he recomendado. Por otra parte, les he visto perder un tiempo precioso en las copias de mis manuscritos, que al fin las hacian con muchos errores. Todo esto me ha obligado á dar mas estension á mis cuadernos, para que así puedan satisfacer una necesidad perentoria en los discípulos de los Institutos de segunda enseñanza, ¡Ojalá que otro profesor mas hábil hubiera intentado llenar este vacío!

He adoptado el sistema de reasumir cuanto se puede esplicar en cada leccion: he preferido la brevedad, porque si bien es cierto que esta obra ha de servir únicamente para los jóvenes, podrá disiparse cualquiera duda que por esta brevedad encuentren estos, cuando escuchen las esplicaciones del Profesor, que tanto importan en estas ciencias. Empero si he prescindido de estensas descripciones, que leen y estudian con impaciencia los jóvenes, y dejo para los profesores el trabajo de demostrar analíticamente ciertos principios, no por eso me he limitado á insustanciales y áridas definiciones, como pueden observar mis lectores.

Las cuestiones importantes por sus aplicaciones á los usos ordinarios, ó á las otras ciencias, las considero con la posible detencion: así es que despues de las propiedades generales de los cuerpos, espongo algunas de las particulares; me ocupo bastante de la mecánica; y en la hidrostática indico con la suficiente estension el modo de buscar la densidad de los cuerpos, que es un carácter esencial en el estudio de los minerales. Unas veces he fijado los hechos principales y cuyas teorías se pueden generalizar á muchos casos; otras he prescindido de ciertas materias, ya porque están enlazadas con el cálculo que difícilmente se puede compendiar, ya porque son impropias para la enseñanza que se dá en los Institutos; como sucede con la determinación de la tensión de los vapores, del colórico específico, etc.

He colocado en las propiedades de los cuerpos la *compresibilidad y elasticidad*, porque sobre no haber inconveniente en separar su estudio de el de la atraccion molecular, era preciso adelantar su conocimiento para poder comprender mejor ciertas esplicaciones; tales como la que se refiere á la disposicion y diferente densidad de las capas atmosféricas, etc. He adicionado el *sistema métrico*, por tres razones: primera, porque en España no hay un sistema general de pesos y medidas; segunda, porque la mayor parte de las obras científicas que andan en nuestras manos se refieren á aquel; y tercera, por el mérito que de suyo tiene este sistema.

Quizá parecerá grande la estension que doy á la mecánica y á las nociones de Química; pero entre las muchas razones en que puedo apoyar esa estension, bástame decir que muchos de los alumnos de los Institutos, no han de ser mas que agricultores, y que necesitan esas y otras ideas que se los pudiera comunicar, para poder estudiar y comprender despues las obras especiales.

Ningun mérito espero contraer con la publicacion de este resúmen: no he hecho otra cosa que recoger lo mejor de cada obra, y ordenarlo según he creído mas conveniente; sin embargo que poco se puede mejorar en esta parte el órden que sigue M. Deguin; y si algo vale mi trabajo es lo que importe el proporcionar á los jóvenes estudiantes en una hoja, ó cuanto mas en dos, todo el estudio que en cada leccion pueda exigir de su aplicación el catedrático. Espero de la indulgencia de los profesores y de los que lean este resúmen que me dispensarán cualquier yerro en que haya podido incurrir; y que aquellos contribuirán á *vestir* esta obra, que verdaderamente es un amazon falto de ropa, haciendo mas útil este trabajo, que solo he acometido por el deseo de facilitar el estudio de las ciencias que tan gran papel representan entre los elementos de la moderna civilizacion.

J. M. y P.”

O’CONOR SLOANE, T.

Autor de varias obras divulgativas sobre electricidad como *Aritmética de la electricidad*, *Electricidad simplificada*, *Cómo se forma un buen electricista* y *La electricidad para todos*.

51

Diccionario práctico de electricidad / T. O’Conor Sloane; traducido por José Pla.—2ª ed.— Madrid: Libr. de Bailly-Bailliere e hijos, 1898.— 560 p.; 19 cm.; sign. 49-74.

A finales del siglo XIX proliferan en España obras eminentemente prácticas sobre electricidad. No interesa especialmente dar a conocer la teoría físico-matemática del campo electromagnético, sino más bien la práctica de las instalaciones eléctricas. El presente diccionario da cuenta de ello. El prólogo de esta segunda edición dice así:

“PRÓLOGO DE LA SEGUNDA EDICIÓN.

Desde que dimos á luz la primera edición de esta obra, la ciencia eléctrica ha progresado en todos sus ramos, el Congreso de 1893 ha dado unidades bien definidas, Roentgen ha hecho su maravilloso descubrimiento, se han creado nuevas especialidades, se han inventado nuevas aplicaciones, haciéndose claramente necesario ampliarla.

Esto hemos hecho en esta segunda edición, que está al corriente de los progresos del día.

EL AUTOR”

PAZ SABUGO, Manuel.

Manuel Paz Sabugo nació en Madrid. Entra en el Instituto de Badajoz como Auxiliar de Ciencias el 26 de junio de 1884. Obtiene la cátedra de agricultura en el Instituto de Casariego de Tapia por oposición, pasando a desempeñarla el 21 de junio de 1892. Dos años después, se traslada a Reus, como catedrático de física y química. Posteriormente, marcha a Huelva como numerario de Historia Natural. Volvió a Badajoz en 1903, para ocupar la cátedra de agricultura y técnica agrícola e industrial. Falleció el 14 de abril de 1904.

52

Definiciones, principios y leyes de la física / Manuel Paz Sabugo.— Badajoz: Tipografía La Económica, 1892.— 185 + IV p. + 2 tablas; 22 cm.; sign. 56-136.

Aparte de las obras voluminosas de texto, también se dieron en España las recopilaciones de leyes físicas para que los estudiantes preparasen sus exámenes. La obra que referenciamos sólo tiene definiciones, principios ó leyes.

En la contraportada del ejemplar de la biblioteca, encontramos manuscrita la dedicatoria del autor:

“A la Real Sociedad
Económica de Amigos
Del Pais de Badajoz
En prueba de consideracion

El Autor”

Antes de comenzar la obra en sí, el autor incluye “sus fuentes”:

“Advertencia

Al escribir el presente trabajo, he tenido delante, además de diferentes obras de distintos profesores extranjeros, las no menos notables de mis condiscípulos Sres. Muñoz del Castillo, Mascareñas, Lozano, etcétera; y por consiguiente, si algo bueno hay en ésta, se debe al talento de tan dignos Catedráticos.”

Para dar un ejemplo del tipo de leyes que se incluyen, reproducimos una curiosa y muy especializada, por lo que sorprende su inclusión, que aparece en la página 60: “La viscosidad de un gas medida por el coeficiente de rozamiento es independiente de la densidad (Ley de Maxwell)”.

PICATOSTE RODRÍGUEZ, Felipe.

Felipe Picatoste y Rodríguez nació en Madrid el 30 de Abril de 1834 y murió en la misma capital el 29 de septiembre de 1892. Matemático, astrónomo, geógrafo, historiador, políglota, bibliófilo y crítico. Siempre estuvo comprometido con la política de su momento histórico. Así en 1854 (tenía veinte años de edad), volvió a restablecer la milicia nacional con motivo de la revolución. Desde 1852 hasta 1857 fue profesor substituto de matemáticas de San Isidro, Madrid, y en 1860 tomó parte de la redacción del periódico *Las Novedades*. De resultados de la revolución de 1868, el ministro de Fomento, Ruiz Zorrilla, le nombró jefe del Negociado central de su ministerio. Su paso por este puesto quedó marcado con reformas importantes dentro de la libertad y reforma de la enseñanza. Posteriormente fue nombrado director de la *Gaceta de Madrid*, estando en este cargo hasta la restauración de Alfonso XII. Director del diario madrileño *El Manifiesto* (1881) colaboró también en el *Heraldo de Madrid*. En julio de 1890 ingresó en el cuerpo de archiveros y bibliotecarios. Académico de la Real de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Su amplia producción abarca desde obras científicas dedicadas a la enseñanza hasta la recuperación de obras inéditas de autores españoles.

53

Elementos de física y química / Felipe Picatoste.— Madrid: Libr. de la Vda. de Hernando y C^a, 1889.— 299 p.; 20 cm.; sign. 53-176.

El autor intenta modificar algo los típicos libros de texto para adecuarlos a su pensamiento sobre ciencia y educación. Sus intenciones quedan explicadas en el prólogo:

“Es verdaderamente difícil encontrar hoy un buen tratado de Física para la enseñanza elemental. Ante los muchos descubrimientos y las rapidísimas aplicaciones de nuestros días, se ha roto, no sólo la clasificación científica, en el cuadro general de los conocimientos humanos, sino también el orden particular de los tratados que constituían cada ciencia.

Como consecuencia de este hecho, unos autores acumulan en la enseñanza de la Física las más minuciosas descripciones de nuevos instrumentos y aparatos, sin dar idea apenas de los principios fundamentales de la ciencia, llegando algunas veces sus libros á ser una especie de catálogo de la moderna industria científica; otros dan extraordinaria importancia á determinada seccion, según sus aficiones, reduciendo las demás á la nada; éstos pretenden enumerar leyes tan generales que prescinden de toda aplicación; y aquéllos quieren unir indisolublemente la Física á las Matemáticas, convirtiendo su enseñanza en una serie de fórmulas, cálculos y problemas. Así con verdad ha dicho recientemente un gran profesor italiano que la enseñanza elemental de la ciencia está desnaturalizada.

Este mal, que aqueja hoy á toda Europa, es más sensible en España, donde se pretende borrar el atraso de los estudios científicos copiando ó imitando lo extraño, no siempre con acierto. Así hemos visto por espacio de muchos años adoptados como de moda libros franceses que apenas hablan de Mecánica, porque esta parte de la Física se estudia separadamente en Francia, cosa no introducida en España, donde por consecuencia se hizo un gran vacío en la enseñanza.

Nosotros creemos que un tratado elemental de Física para los que no se dediquen á una carrera científica, debe conciliar el conocimiento de las leyes generales de la materia y de los cuerpos con sus aplicaciones más importantes, de tal manera que al mismo tiempo que se forme el concepto de la organización material del mundo se conozca la intervención de los principios científicos que llegan hasta los menores actos de la vida doméstica. Sólo de este modo se podrá conseguir que un curso de Física sea amplia y segura base de más profundos estudios, respecto del orden de la naturaleza, y que comunique á la juventud aquella ilustración sin la cual no puede pasar nadie por persona culta en nuestra sociedad, cuando el progreso ha llegado á realizar y demostrar la frase tradicional de que la vida es un curso de Física en acción.

Dada la necesidad de introducir en el estudio de la Física elemental las muchas novedades que constituyen las aplicaciones más importantes de la ciencia moderna, es preciso hacer grandes variaciones en el programa de esta asignatura, si ha de seguir explicándose en un solo curso.

Conviene, desde luego, suprimir la demostración de una porción de propiedades de que estamos convencidos por la experiencia, y en la cual se pierde un tiempo precioso, así como los recuerdos de la época en que un curso de Física experimental admitía con facilidad muchos juguetes de la física recreativa. Si se estudian detenidamente nuestros gabinetes de Física se verá que la mayor parte de los aparatos é instrumentos que llenan sus estantes se refieren á estos dos grupos, que deben desaparecer para dejar lugar al estudio de las leyes generales y de aquellas aplicaciones útiles que van modificando la vida social y doméstica.

La descripción minuciosa de aparatos no tiene utilidad para quien no se ha de dedicar á manejarlos, y sólo satisface los deseos del autor cuando, como suele suceder en el extranjero, se pone de acuerdo con algún fabricante para convertir su libro de texto en anuncio de una casa. De los instrumentos hay que tomar para la enseñanza la parte fundamental y científica, y aquella disposición ingeniosa que pueda dar idea al estudiante de los medios de aprovechar las fuerzas ó de esclavizar la materia á la inteligencia. Sólo esto es útil en la enseñanza.

Hay, sin embargo, en la vista de un aparato ó instrumento mucho que enseña más sólo con su percepción que con una explicación larga y fatigosa, y que da á conocer desde luego la forma del aparato, para lo cual hemos procurado intercalar en el texto el suficiente número de grabados que auxilien poderosamente al joven estudiante.

No nos hemos atrevido á hacer por completo una reforma radical; pero lo hemos intentado dentro de ciertos límites, para que no repugne á la costumbre la novedad. Y de este modo hemos conseguido redactar un curso completo de Física elemental en reducido volumen, de modo que en él puedan aprender todos aquellos jóvenes que necesitan sus conocimientos desde los Institutos y las Escuelas normales, á los Seminarios y preparaciones especiales.”

PINAUD [PINAULT].

54

Programa de un curso elemental de física / Pinaud; traducido por Florencio Martín y Castro.— Cáceres: Imp. de Concha y C^a., 1847.— IV+453 p.+ 8 lám.; 21 cm.; sign. 54-106.

Este texto fue traducido por Florencio Martín y Castro, profesor de Física y Química en el Instituto de Badajoz en sus inicios, para sus alumnos pacenses. El ejemplar de la biblioteca tiene un considerable roto en su portada.

Como la mayoría de los textos de enseñanza de la primera mitad del siglo XIX, ésta es una traducción de una obra francesa. No se trata, sin embargo, de una obra especialmente moderna y se continúa estudiando la física desde la perspectiva de los fluidos imponderables.

RAMOS Y LAFUENTE, M.

55

Elementos de física / M. Ramos y Lafuente.—6ª ed.— Madrid: Imp. y libr. de la Vda. e hijo de Aguado, 1880.— 463 p.; 19 cm.; sign. 53-82.

El libro de M. Ramos y Lafuente fue otro de los textos muy utilizados en los Institutos de Segunda enseñanza en el siglo XIX. Sin ninguna aportación especialmente original respecto a la física, lo más interesante se encuentra en el pensamiento del autor, expresado en el prólogo:

“La FÍSICA es uno de los temas alrededor de los cuales gira un gran número de inteligencias contemporáneas. Quien afirmase que ya se ha dicho la última palabra acerca de esta maravillosa ciencia, comete, por lo menos, una hipérbole digna de ser refutada por los amantes del saber. Desde Aristóteles, que dedicó una buena parte de su vida á estos estudios, hasta los sabios de nuestros dias, que de plano se han consagrado á ellos; apenas se ha pasado siglo que no haya dejado su tributo, ya de admiracion ya de sorpresa ante estas especulaciones del entendimiento humano; pero entre todos estaba reservado al nuestro admirar los sorprendentes descubrimientos que de dia en dia vienen á demostrar que despues de la Física no hay ciencia de mayor interés científico. Por eso hemos consagrado nuestra existencia toda, arrastrados é influidos por la desmedida aficion de nuestra época hácia estas utilísimas y trascendentales enseñanzas; y en verdad que debemos felicitarnos, porque ningún libro de su clase ha alcanzado en nuestro país acogida mas favorable ni éxito más venturoso, como lo prueban las cuatro ediciones sucesivas de 3.000 ejemplares cada una y la quinta de 4.000, ó sean 16.000 ejemplares que desde el año 1859 en que apareció nuestro libro van publicadas; cifra que habla elocuentemente del resultado de nuestras fatigas é incansable amor á la Física.

Agradecidos á tan señaladas pruebas de aprecio, no hemos podido menos de desplegar *sexta* vez nuestra actividad para hacer de nuevo la necesidad de propagar esta doctísima ciencia, para hacer ver lo mucho que vale, y á lo cual provoca y anima el asíduo afan de la juventud por adquirir nuestra obra, guiados, sin duda, por el ejemplo de sus dignos profesores, que tanto en España como en América, han adoptado de texto nuestro libro, por su claro método, y porque le hemos puesto al alcance de todas las clases, no obstante su mucha lectura.

Mas como en estos últimos años ha habido notabilísimos adelantos y sorprendentes descubrimientos, unido á esto el que la quinta edicion de nuestro libro habia sido agotada en pocos años, cosa no muy comun en España, hemos procurado que esta edicion venga á ser una síntesis de los progresos de la Física hasta el momento en que escribimos.

Atendiendo á este incesante progreso de la Física, solo tiramos 3.000 ejemplares de esta sesta edicion, pues como decimos en el prólogo de la edicion anterior, sería pretension sobre manera mezquina querer cerrar la puerta á los nuevos descubrimientos que continuamente se están haciendo en las ciencias físicas.

Madrid 1.º de junio de 1880.”

RIBERO SERRANO, Antonio.

Fue doctor en medicina y cirugía.

56

Tratado elemental de física general y médica / Antonio Ribero Serrano.— Madrid: tomo I: Imprenta de D. Joaquin del Rio, 1844.— 407 p. + 3 lám.; 19 cm.; sign. 54-90. Tomo II: Imprenta de D. Benito Hortelano y Compañía, 1845.—413 p. + 2 lám.; 19 cm.; sign. 54-91.

Podemos leer en la contratapa de los dos tomos de la biblioteca, escrito a mano:

“Universidad Literaria de Madrid

1.º año de Medicina

Curso de 1849 á 50

Nº. 87. Nicolas Calderon Leon”

Respecto a la obra podemos señalar el gran interés del autor por el ideal

mecánico. Por ejemplo, podemos leer en el prólogo:

“Efectivamente, todos los fenómenos atribuidos al calórico, á la luz y al fluido eléctrico, son efectos mensurables y calculables; todos se atribuyen á fuerzas, consisten todos en movimientos, y constituyen en fin la mecánica”

RICO Y SINOBAS, Manuel.

Físico y matemático, nació en Valladolid en 1821 y murió en Madrid en 1898. Doctor en medicina y en ciencias físicas, se dedicó preferentemente a esta última ciencia. Fue catedrático de física superior de la Universidad Central. Académico numerario de las reales de Ciencias y Medicina. Publicó trabajos sobre meteorología y libros de texto. Pero sin lugar a duda ha pasado a la Historia como el autor de la publicación de los *Libros del Saber de Astronomía de Alfonso el Sabio*.

57

Manual de física y química / Manuel Rico Sinobas; Mariano Santisteban.—7ª ed.— Madrid: Imprenta de Manuel Minuesa, 1869.— 495 p.; 20 cm.; sign. 55-129.

En la contratapa de este ejemplar aparece el nombre del antiguo propietario: “D. Diego del Barco”.

En cuanto a la obra en sí, se trata de un libro de texto general de física y química dividido en:

Elementos de Física: Primera Parte.- Propiedades generales de los cuerpos; Segunda Parte.- Nociones de mecánica; Tercera Parte.- Acciones moleculares; Cuarta Parte.- Del Calórico; Quinta Parte.- De la luz; Sexta Parte.- Del Magnetismo; Séptima Parte.- De la electricidad; Octava Parte.- Meteorología; Elementos de Química.

58

Manual de física y química / Manuel Rico Sinobas; Mariano Santisteban.—8ª ed.— Madrid: Imprenta de Manuel Minuesa, 1875.— 499 p.; 22 cm.; sign. 55-118.

No hay ningún cambio sustancial respecto a la edición anterior.

59

Manual de física y química / Manuel Rico y Sinobas; Mariano Santisteban.—10ª ed.— Madrid: Moya y Plaza, 1882. 440+214 p.; 21 cm.; sign. 54-20.

No hay ningún cambio sustancial respecto a la edición anterior. Sólo cabe reseñar que hay cambios formales, como la numeración propia de la parte de química.

RODRÍGUEZ, Eduardo.

Ingeniero español. Desempeñó cátedras de física y cosmografía. Perteneció a la Real Academia de Ciencias. Publicó varias obras como *Instrucción sobre el pararrayos* y *Estudio de los objetos que en la exposición de Londres de 1862 tenían relación con las aplicaciones de las ciencias físicas*.

60

Manual de física general y aplicada a la agricultura y a la industria / Eduardo Rodríguez.— Madrid: Eduardo Aguado, 1858.— 632 p.; 24 cm.; sign. 56-83.

Esta obra fue premiada en un concurso público a propuesta de la Real Academia de Ciencias. Se premiaba al mejor “Manual de Física aplicada a la agricultura y a la industria”. Se imprimieron por cuenta del estado 1.200 ejemplares, aunque el autor podía utilizar las planchas para imprimir por su cuenta el número de ejemplares que quisiese. Por lo demás es una típica obra general dividida en las secciones “Propiedades de los cuerpos”, “Calórico”, “Luz”, “Magnetismo”, y “Electricidad”. Las 622 figuras que aparecen en la obra fueron dibujadas por Zarza, Urrabieta y el autor. Fueron grabadas por Vierge, Oliveras, Burgos y Capuz.

ROJAS, Francisco de P.

Ingeniero industrial, catedrático de la Universidad Central de Madrid e individuo de número de la Real Academia de Ciencias.

61

Electrodinámica industrial: electricidad y magnetismo / Francisco de P. Rojas.— Madrid: La Energía Eléctrica (imprenta de Antonio Marzo), 1899.— 306 p.; 24 cm.; sign. 49-178.

Esta obra puede clasificarse como curiosa, ya que es un texto teórico que tiene su origen en la gran cantidad de obras prácticas sobre electricidad que se publican en España a finales del XIX. El prólogo del autor resulta esclarecedor:

“El *Tratado de Electrodinámica industrial* que he publicado contiene lo que conviene saber, en el ramo de la Electricidad, á los ingenieros en general.

Respecto á teoría, contiene aquello más fundamental y más necesario para comprender bien las aplicaciones de la Ciencia. Al ingeniero que, enamorado del asombroso progreso que en tan corto tiempo ha tenido, no ya la aplicación, sino la ciencia pura, quiera penetrar más en ésta, así como el que aspire á profesar la especialidad de electricista, conviene explorar más el campo puramente teórico. Para ellos se publica esta obrita, que ha de considerarse como el *Complemento teórico del Tratado de Electrodinámica industrial*, y, por tanto, conviene que su estudio siga al *Tratado*, al revés de lo que algunos juzgarían más acertado. De este modo no encontrará el lector, á faltar en el presente *estudio teórico* ciertos preliminares y aun teorías, explicaciones y tablas que ya conoce por el *Tratado*.

Los numerosos libros publicados sobre electricidad se pueden dividir en tres clases: 1.^a Libros de ciencia pura, producidos por verdaderos sabios; pero sin preocuparse de las aplicaciones. Claro es que estos libros no están hechos para la profesión de ingeniero. 2.^a Libros de mediana ó corta extensión, en los cuales el estudiante no puede llegar á conocer ni la ciencia ni las aplicaciones; son los libros hechos con numerosos clichés extraídos de los catálogos de los fabricantes; clichés que nada explican ni nada enseñan, al pie de los cuales, alguna vez, y por toda explicación, se contenta el autor con poner el nombre del fabricante ó del inventor de aquella dinamo, de aquel aparato ó de aquel instrumento. 3.^a La tercera clase, la de los libros buenos y propios para los ingenieros, son más bien libros de ampliación ó de consulta, para el que ya sabe, que libros para la *enseñanza* de la Electrotecnia. Unas veces por demasiada concisión, otras por falta de claridad, el estudiante que sin otra preparación lo aborda, tropieza á menudo con dificultades que no son ciertamente propias para despertar en él el amor y el entusiasmo á una ciencia que, nacida ayer, despliega hoy ante sus ojos las conquistas más maravillosas é inesperadas.

Francisco de P. Rojas.”

SANT, Antonio.

62

Physica theoretica et experimentalis ejusque propagines et appendices chimie, astronomie et historia naturalis / Antonio Sant.— Caelsonae: Ex tip. Petra Sant, 1857.— 448 p.; 18 cm.; sign. 54-83.

Esta obra está dedicada a la enseñanza de la física en seminarios. Los diferentes tratados del texto son:

Tractatus I.- De physica generali.

Tractatus II.- De mechanica.

Tractatus III.- De lumine.

Tractatus IV.- De calorico.

Tractatus V.- De magnetismo et electricitate.

SANTOS DE CASTRO, Antonio.

63

Resumen de física y nociones de química / Antonio Santos de Castro.– Sevilla: Francisco Álvarez, 1865.– 519 p. + 3 lám.; 20 cm.; sign. 53-181; 53-42; 53-80; 50-97.

La introducción del autor no tiene desperdicio, ya que muestra el estado de la educación en España en el siglo XIX y da pistas para comprender la existencia de los “manuales”, “resúmenes” y “recetarios de leyes y principios” que circularon por España:

“AL LECTOR

Quizas no hay una obra de Ciencias de mas modesto origen, que la que ahora ofrezco al público. Formada en un año académico en que, por circunstancias especiales, los alumnos de la Clase de Física elemental no habian tenido el número de lecciones suficiente para poder repasar las materias de la asignatura y presentarse al exámen del curso con la preparacion conveniente, hice, al finalizar el año, unos apuntes con el nombre de Resumen de Física y Química, que comprendian las principales definiciones, teoremas y fórmulas, que debían conocer y retener, expuestas con el laconismo y claridad que reclamaban el objeto de mi trabajo y la premura del tiempo.

Lo hice dar desde luego a mis discípulos y el resultado correspondió á mis esperanzas. Los alumnos, auxiliados por el Resumen y por el Programa de la asignatura, pudieron repasar sus lecciones y fijar y ordenar sus ideas para el exámen. Contribuyó en mi juicio á este éxito lisongero la forma dialogada que dí desde un principio á mis lecciones. La experiencia de algunos años de enseñanza me ha hecho conocer cuán difícil es á los alumnos, que cursan cualquier asignatura, formar definiciones exactas, claras y concisas, cuando son interrogados en un exámen, y lo frecuente que es, aun á los mas aventajados, deslucirse en actos de esta naturaleza.

En el curso siguiente, y por igual época, los alumnos de la Clase buscaron con avidez mi pequeño trabajo, y no habiendo ejemplares, porque sólo se habia impreso el número suficiente para regalar á los alumnos del año anterior, lo copiaban con la lentitud con la lentitud é imperfeccion que es consiguiente, por cuya razon me ví precisado á tirar una segunda edicion, algo corregida y aumentada, pero sin láminas ni figuras, puesto que nunca podia considerarlo mas que como un libro auxiliar del texto.

Ahora me propongo dar alguna mayor estension á estos apuntes acompañándolos de algunas láminas y figuras, que dén á conocer las máquinas é instrumentos, y las experiencias que con muchos de ellos deben practicarse; pero sin que se crea por esto que entraré en descripciones prolijas y detenidas, que dejo á los Profesores encargados de la enseñanza de estas ciencias, por cuya razon solo indico las figuras en algunos casos. De otro modo este libro tomara mayores proporciones y sería una obra mas, entre la muchas y algunas muy buenas, que se han publicado recientemente de esta ciencia, y con las cuales sería por mi parte una vana pretension querer competir. Además de esto, perdiendo entonces esta obra su pretendido laconismo, perderia tambien la utilidad practica, que me propuse al hacerla.

Ella podrá servir á los alumnos de la Clase de Física de la Facultad de Ciencias, con cuyo objeto pongo como epígrafe de cada leccion, la correspondiente al programa de esta asignatura, y podrá ser tambien de gran utilidad para los que cursan la Clase elemental, por cuya razon he procurado conservar las Nociones de Química, que formaron parte de esta obrita desde su primera edicion.

Mis deseos quedan satisfechos si este trabajo auxilia en algo á los Profesores que se consagran á la enseñanza de esta importante ciencia, y contribuye á fijar y ordenar las ideas y los conocimientos de los alumnos que emprenden su estudio.

F. S. DE C.”

TYNDALL John.

Físico inglés. Nació en Seighlin Bridge el 21 de Agosto de 1820 y murió en Hind Head el 4 de diciembre de 1893. Fue un experimentador sagaz y afortunado que gozó en vida de renombre universal. Fue un conferenciante científico de

extraordinario talento y un divulgador admirable. Especialmente interesante es su obra *Heat, a mode of motion* (Londres, 1863).

64

La física nueva: estudios y observaciones / John Tyndall.— Barcelona: Imprenta de la Renaixensa, 1876.— 327 p.; 20 cm.; sign. 53-143, 54-27.

Los libros de divulgación de Tyndall fueron muy leídos en España como lo demuestran las continuas citas que se le hacen en otras obras de divulgación. En esta obra se incluyen los siguientes artículos: “Influencia de la imaginación en los estudios científicos”, “La radiación”, “Acústica”, “Física del Globo”, “Óptica molecular” y “Los fenómenos y las teorías eléctricas”. En todos ellos se aprecia el estilo moderno y mecanicista de Tyndall.

VALLEJO, José Mariano.

Matemático (Granada 1779-Madrid 1846). Estudió en la Universidad de Granada, pero fue autodidacta en matemáticas, aunque debió recibir ayuda de su maestro D. Antonio Varas y Portilla, el cual, al mismo tiempo que enseñaba metafísica, iniciaba a sus alumnos en el cálculo. Un año antes de terminar sus estudios universitarios, 1801, fue propuesto como profesor sustituto en la sección de matemáticas de la Real Academia de San Fernando. En 1802 obtiene la cátedra, por oposición, de matemáticas, ataque, fortificación y defensa de plazas, en el Real Seminario de Nobles de Madrid. Al finalizar el trienio liberal en 1826, salió de España y recorrió Francia, Bélgica, Inglaterra y Holanda. En París, vivió algún tiempo enseñando matemáticas y trabó amistad con Laplace. Regresó a España en 1832 y gracias a su iniciativa se crearon dos escuelas normales en Madrid y alguna otras por el resto del reino. Colaboró en la fundación del Ateneo de Madrid y en la Academia de Ciencias Naturales. Tenía su propia imprenta, Garrasayaza, situada en Madrid en la calle de la Flor Alta.

65

Compendio de mecánica práctica / Josef Mariano Vallejo.— Madrid: Catalina Piñuela, 1815.— 252 p. + 1 tabla + 6 lám. + 1 plano; 15 cm.; sign. 53-73.

Esta obra nos muestra cómo en los primeros años del siglo XIX la física, y en general la ciencia, va decayendo. El autor, un ilustrado, pretende hacer “física” pero la guerra y otras ocupaciones ponen trabas continuas a su trabajo. El autor nos describe sus desventuras en el prólogo, uno de los más interesantes que se transcriben:

“PRÓLOGO.

Si en todas las obras, de cualquier clase que sean, es conveniente poner un prólogo ó intruccion en que se dé alguna idea del objeto con que se ha formado, en esta es de absoluta necesidad, no tanto por ser nueva en su género, sino porque en realidad no puede tener por objeto el primitivo para que se formó, y de que conviene dar una idea al público.

Todos saben los prodigiosos efectos que ha causado nuestra artillería en la pasada campaña, y que ha merecido los mayores elogios no solo de los sabios militares de las naciones aliadas que nos han ayudado en esta obstinada quanto gloriosa lucha, sino de los mismos enemigos que han sufrido sus resultados. Todas estas ventajas provienen principalmente de la sana, sabia y sólida instrucción que han adquirido sus Oficiales en el Colegio de Artillería de Segovia; pero tambien es notorio á todos que con motivo de nuestras primeras desgracias tuvo grandes pérdidas este ilustre Cuerpo, y que para atender á la urgentísima necesidad que habia de cubrir las bajas, fue preciso que al restablecerse el Colegio en Sevilla, y despues en Mallorca, se redugesse el curso algun tanto para poder poner Oficiales aptos en campaña en menos tiempo del que antes se empleaba. Por esta causa el brigadier gefe de escuela Don Joaquin de Porras, capitan de la compañía de cadetes del Colegio establecido en Mallorca, hablando un día con mi hermano que entónces se hallaba allí por orden del Gobierno para la impresión de mi obra de Matemáticas, le

manifestó lo útil que sería para aquel Colegio el tener un compendio de Mecánica que contuviese las principales proposiciones, y que estuviesen dispuestas de modo que se pudiesen comprender en poco tiempo y sin tener grandes conocimientos del cálculo: mi hermano, con aquel interes que toma en todos los asuntos que pueden conducir para el bien público, manifestó al espresado Señor Don Joaquin de Porras, que teniendo yo ya escrita la Mecánica en borrador, me sería fácil formar el compendio que se deseaba, y así me escribió inmediatamente sobre el particular; pero el buque que traia la carta fue apresado por los franceses, despues fue represado por los ingleses y conducido á Gibraltar; de modo, que llegó á Cádiz la carta cinco ó seis meses despues de escrita. Yo empecé al momento este trabajo, y seguramente á muy poco tiempo hubiera podido estar impreso; pero ocurrió el que por aquel tiempo fue la segunda época en que volvieron á tirar los franceses granadas á Cádiz; y habiendo yo pasado con comision del Gobierno á ecsaminar los alumnos de la Academia militar establecida en la Isla de Leon, como su director entonces era coronel de artillería, me ecsortó á que adelantase los trabajos que yo tenía hechos en el borrador de mi Mecánica sobre la verdadera curva que trazaban los proyectiles, contando con la resistencia del intermedio; y como esta cuestion tienen sus principales aplicaciones en la artillería, juzgué que no sería inoportuno poner el resultado de mis investigaciones sobre este punto al fin del compendio que habia emprendido, y habiendo comunicado mi pensamiento á varios individuos del apreciable Cuerpo de Artillería, entre los que se contaban el Escmo. Sr. D. Martin García Loigorri, Don Joaquin de Osma y otros dignísimos Oficiales, mereció su aprobacion; por lo qual me propuse adelantar este trabajo todo lo posible, y llegué en efecto á calcular y construir la curva; pero como los cálculos son complicados y era necesario tener en consideracion muchos datos que la mayor parte era preciso calcularlos de nuevo y en nuestras medidas, cometí un descuido que, aunque leve en sí, como era en los principales datos de que pendia todo el cálculo, hacia que todo aquel penoso trabajo que habia empleado fuese inútil. Tuve por consiguiente que volver á emprenderlo de nuevo, despues de haber rectificado bien todos los datos, y calculé la curva correspondiente no solo á las granadas y bombas de los franceses, sino á las granadas y bombas nuestras, de manera que tenía calculadas ocho curvas diferentes; y quando yo me lisongeaba de que tenia ya hecho el trabajo completo, al ir á construirlas encontré que no daba la forma que manifestaba el cálculo, lo qual me obligó á volver á repasar todas mis operaciones, y hallé en efecto que habia cometido un yerro en la parte mecánica del cálculo que inutilizó todos mis trabajos, motivo por el qual tuve que volverlo á emprender de nuevo; y como los cálculos son tan penosos y yo no podia emplear mas tiempo que el destinado para el descanso y recreo, por tener que atender al cumplimiento de las obligaciones que me imponian los destinos y comisiones que desempeñaba, resultó que no pude tener concluido mi trabajo hasta el 29 de noviembre de 1813, que con la traslacion del Gobierno á esta Capital, no pude publicar en Cádiz.

Ahora con los felices resultados que han obtenido nuestras armas, y el estado de tranquilidad en que se halla la Europa, no puede servir para el objeto con que primitivamente se emprendió; pero atendiendo á que puede ser muy útil su publicacion para uso de los niños, de los artesanos, artistas y demas personas que no posean el cálculo sublime, me he resuelto á su publicacion; y al mismo tiempo no he querido omitir el trabajo de la trayectoria que trazaban las granadas arrojadas por los franceses, no solo porque satisface la curiosidad de los que desean saber en qué consisten los adelantamientos que consiguieron los franceses, sino porque lo juzgo de suma importancia para los adelantos de la Artillería, que en mi entender puede llegar á un grado completo de perfeccion, poniendo en práctica las observaciones que hago al fin de esta obrita.”

VICUÑA, Gumersindo.

Nació en la Habana el 13 de enero de 1840 y murió en Portugalete (Vizcaya) el 10 de septiembre de 1890. Recibió su formación en el Instituto

de Bilbao y en la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid. Viajó por Francia, Bélgica e Inglaterra pensionado por el gobierno. Después pasó a la Facultad de Ciencias de Madrid. Llegó a ser Catedrático de Física Matemática. Su producción científica es muy amplia.

66

Manual de física popular / Gumersindo Vicuña.— Madrid: G. Estrada, 1878.— 229+I p.; 17 cm.; 6 lám.; sign. 56-121.

Se trata de un volumen de la “Biblioteca enciclopédica popular ilustrada”. Compendio breve y sencillo donde se intenta condensar la física. El índice de la obra es:

NOCIONES PRELIMINARES.- Cap. I.- Estados de la materia.

PARTE PRIMERA.- Atracción de la materia.- Cap. II.- Atracción molecular. Cap. III.- Gravitación y gravedad. Cap. IV.- La gravedad en los líquidos. Cap. V.- La gravedad en los gases. Cap. VI.- Acústica.

PARTE SEGUNDA.- Calor.- Cap. VII.- Naturaleza del calor. Cap. VIII.- Transmisión del calor. Cap. IX.- Dilatación y termómetros. Cap. X.- Cambios de estado.

PARTE TERCERA.- Electricidad.- Cap. XI.- Medición y transmisión. Cap. XII.- Generación y efectos de la electricidad. Cap. XIII.- Electro-magnetismo. Cap. XIV.- La inducción eléctrica.

PARTE CUARTA.- Luz.- Cap. XV.- Propagación de la luz. Cap. XVI.- Composición de la luz.

67

Manual de meteorología popular / Gumersindo Vicuña.— Madrid: Tip. de G. Estrada, 1880.— 228 p.; 17 cm.; 1 lám.; sign. 56-117.

Ejemplar de idénticas características que el anterior, pero dedicado a la meteorología. Está dividido en cuatro partes. El autor, en primer lugar, nos habla de los “fenómenos generales de la atmósfera”. La segunda parte de la obra está dedicada al “equilibrio de la atmósfera”. Después, el autor estudia “meteoros y magnetismo terrestre”, para finalizar con el interesante tema de los “pronósticos del tiempo”.

Apéndice B: Documentos referentes a Pedro Carrasco.

En este apéndice queremos resaltar diferentes documentos relacionados con la vida de Pedro Carrasco. El primer documento que reproducimos es el único ejemplar conservado de la publicación *Pax-Augusta*, dirigida por Carrasco antes de su marcha a Madrid para estudiar física. A continuación, mostramos el discurso que Carrasco pronunció en 1932 con motivo de la sesión académica que conmemoraba el centenario del nacimiento de José Echegaray. El tercer documento que reproducimos en este apéndice consiste en la edición bilingüe de las notas que aparecieron en la revista *Nature* sobre los trabajos espectroscópicos de Carrasco. Después, presentamos unas fotografías del “album – homenaje” que fue entregado a Carrasco por sus paisanos badajocenses. También presentamos el anverso y el reverso de la cartilla de refugiado político en México de Carrasco y, por último, presentamos algunas notas sobre las libretas manuscritas de Carrasco que aún conservan sus familiares.

Lista de Documentos

1. Número de Pax-Augusta.
2. Discurso en homenaje a Echegaray.
3. Notas en Nature.
4. Álbum – homenaje.
5. Cartilla de refugiado político mexicano.
6. Libretas manuscritas.

REVISTA
QUINCENAL DE LA PROVINCIA.

LITERATURA,

CIENCIAS Y ARTES

PAX-AUGUSTA

SE PUBLICA LOS DÍAS 15 Y 30 DE CADA MES

REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: ABRIL, 18

BADAJOS



BADAJOS

Tipografía y litografía EL PROGRESO, de Antonio Arqueros
48, Calle Larga, número 48

1901

Tridigestivo R Camacho.

Sabidos los componentes de esta preparación, no habrá *nadie* que dude científicamente de su eficacia, en todos los padecimientos del estómago sean ó no dolorosos.—Contiene Diastasa, fermento necesario para *sacarificar*, hacer solubles las sustancias feculentas (pan, arroz, etc.), que una vez convertidas en Dextrina y Glucosa, son fácilmente asimilables; otro la *pepsina*, fermento de las sustancias azoadas (carnes, leche, huevos, etc.) que interviniendo un ácido son convertidas en *peptona*; la *pancreatina* que emulsiona las grasas, las prepara para la completa asimilación de los alimentos. Se comprende la cesación del dolor, pues como el estómago no trabaja, quita toda molestia. (Véase el folleto para mayor facilidad y comodidad).

Lo tenemos preparado en líquido con vino generoso y amargos.
 » en forma de elixir muy agradable para señoras y niños.

Y por último, en polvo, que contiene además sales bismáticas, muy apropiados para quitar diarreas, flatulencia, ácidos pirosisos. Precios: 3'50 ptas. caja y 4 ptas. botella. Los polvos son fáciles de llevar en los viajes, etc.. No contienen Cocaína como otros, que si por esto alivian el dolor producen *males mayores* en los que padecen del *cerebro*, del *aparato respiratorio* y *neuropatas*.

El Azufre líquido es el preparado más soluble y de rápida acción (pues sus efectos se conocen á los 15 días) para curar *toda enfermedad de la piel*: *eczema*, *sarna*, *mancha*, *granos*, *picazón*, *heridas antiguas*, etc. 2 p'tas. frasco que contiene tratamiento para 2 meses.

La **Tos** por rebelde que sea se cura con las píldoras *Aniðas balsámicas*; basta tomar una píldora cada tres horas *siempre después de hecha la digestión*. Precio, 0'75 ptas. caja.

Baños de mar.—Sales marinas con algas, paquete para un baño 2 y 1'25 ptas. de hombre ó niño.

Callicida R. Camacho.

Creemos que el nuestro está tan bien preparado como el mejor. á la experiencia. Precio frasco 1 pta.

Pax Augusta.

REVISTA CIENTFICO-LITERARIA

Y DE INTERESES REGIONALES.

SE PUBLICA LOS DIAS 15 Y 30 DE CADA MES

SUSCRIPCIÓN: Badajoz, al mes, 0'25 pesetas.—Provincias, trimestre, 0'80 pesetas.—Pago adelantado. Número suelto, 15 céntimos	REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN Larga, núm. 48	DVERTENCIAS: No se devuelven los originales.—La correspondencia al Administrador. Número atrasado, 25 céntimos

CRÓNICA.

Él era un génio. El Arte fecundizó su mente y de sus manos salieron los más bellos Apolos, las más púdicas Susanas, cuanto de más soberbio y admirable puede mostrar el mármol.

Pero llegó un día en que el artista, harto de públicos lauros, quiso buscar el de su conciencia; hasta entonces había trabajado para el público, había buscado la satisfacción de las necesidades del cuerpo; de allí en adelante trabajaría para el arte, para satisfacer las necesidades de su espíritu. Y comenzó la obra colosal de su vida; empezó á modelar una Venus, más hermosa que las mujeres de Rubens, más bella que la de Milo y más casta que las vírgenes de Murillo. Quería que aquel mármol fuese, no una piedra más ó menos artísticamente modelada, sino un alma; un alma pura, llena

de deseos tan ardientes como castos, tan grandes como incomprendibles; unos deseos, unas ansias, unas locas imaginaciones, tales como las que su desequilibrada mente de artista las concebía.

Comenzó su obra y trabajó con ansia noche y día. Y al fin, un día salió de sus manos una mujer cual el hombre no puede concebirla; los más bellos detalles de la forma humana, sus más perfectas proporciones, su más graciosa posición, todo lo reunía. Pero á él no le satisfacía; necesitaba algo más; era necesario darle sentimientos, vida. Por eso empezó á retocarla; un día daba á sus labios una expresión de bondad inconcebible, otro, modificaba la posición de sus ciegos ojos, y así, un día y otro iba imprimiendo en la figura cuantos sentimientos, cuantas ideas descubría en su cerebro.

Mas al fin un día el artista se vió envuelto en el inmenso piélagos de sus pensamientos; sus ideas se agolpaban, tropezaban unas

con otras y se deformaban. Entonces dió por terminada su obra y contempló su conjunto.

El golpe fué horrible; la decepción inmensa; *aquello* se había convertido en un ser deforme, en un monstruo; los opuestos sentimientos que quiso imprimir, al revelarse en la escultura, producían una horrible mueca; las opuestas ideas le imprimían el desequilibrio de la locura...

Y el artista tiró el cincel, y lloró amargamente, con desconsuelo, hijo de su desengaño, aquella creación; aquella escultura que era la negación de la realidad de sus concepciones, tan grandes, tan sublimes, como solo la mente desequilibrada del artista pudo imaginarlas...

X.

CANTARES.

No sé que me pasa
al verla en la calle;
pero me parece que queda mi cuerpo
sin gota de sangre.

¿Porqué de ella huyo?
¿Porqué tengo miedo?
No lo sé tampoco, más la voz escucho
del remordimiento.

Si las penas ocupasen
algún lugar en el cuerpo,
no me cupieran á mí
las que por tu causa tengo.

G. H.

(Gustavo Hurtado)

La misma causa...

A mi primo Santiago Gimenez.

I

Inés, á quien conocías,
educada en un convento,
sin tener conocimiento
del mundo y sus picardías,
dejóse engañar ha días
como cualquier caprichosa.
Y si de acción tan odiosa
culpan al tierno doncel,
sólo contesta el cruel:
Cierta ¡más es tan hermosa!

II

Una rubia sin igual,
que por sus muchas bellezas
derrochó grandes riquezas
de un señor muy principal,
casóse al fin con Pascual
que quiso hacerla dichosa.
Y si al hablar de su esposa
critican su proceder,
solo sabe responder:
Cierta ¡más es tan hermosa!

P. CARRASCO GARRORENA.

El niño Dios.

CUENTO DE NOCHE-BUENA

I

Ella era un ángel; su faz era delicada,
sus ojos oscuros y sus cabellos rubios, envolviendo en aureas blondas su divina cara, cual olas de doradas espigas que el viento mece. El era un soñador de faz morena, negros cabellos y mirada enérgica. ¿Como empezó aquel amor?

Fué suficiente que sus soñadoras almas

se pusieran en contacto, para que brotase el amor con radiantes destellos de felicidad; sus labios se dijeron lo que sus corazones habían acordado y empezó un idilio tierno, sentido, el idilio del primer amor.

Pero un día la realidad los separó con su horrible mano; la lucha por la vida pudo anojarle á él muy lejos de ella, más no podía matar aquella pasión; no, era muy grande para que el tiempo ni el espacio la borrara. Y empezaron á decir las letras lo que ya los ojos habían hablado.

Llegó la primera carta de él; era apasionada, ardiente; rebosaba cariño por la minfa de rubios cabellos, y mostraba con sinceridad, cuanto encerraba aquel corazón enamorado. La virgen leyóla emocionada; cada frase la revelaba un mundo desconocido de gozes, para ella hasta entonces inexplicables; cada palabra un mundo de cariño; cada sílaba un suspiro de amor. Su corazón latió con violencia, la sangre se agolpó á sus sienes y enrojeció de lindo carmin sus mejillas.

Y cogió la pluma y se dispuso á contestarle. ¿El qué? No lo sabía; pero ella sentía alla dentro mucho, mucho sentimiento, muchas emociones, muchos inexplicable deseos. Pero, ¿como decirlo?

Cuando á solas cogió la pluma y se dispuso á hacerlo no sabía como empezar; unas frases parecíanle muy frías, otras muy ardientes; por una parte temía ser apasionada ¿porqué? ¿por coquetería? quizás; por otra temía ser fría ¡le quería tanto! El reloj con su lento *tic-tac*, la botella del agua con su panza brillante y transparente, cualquier objeto que distrajera su vista, todo pareciale que penetraba su secreto, sus palabras de amor, y que le gritaban á voces burlándose de su cariño. Y la pluma cayó de sus manos y un *mañana* dió sui á aquella incertidumbre.

Pero pasaba un día y otro, y la carta no se terminaba. Al fin escribió él la segunda; en ella se quejaba aunque dulcemente de su olvido; las amargas quejas se mezclaban con las más ardientes expresiones; pero al fin esperaba, confiaba en ella.

Y repitiose la misma escena, y la contestación ansiada no fué; y llegó la tercera carta, triste, sentida, llena de amarguras y desengaños; y pasaron días... y nada.

II

Era la Noche-Buena. Toda la familia reunida alrededor del hogar festejaba la tradicional fiesta. Las viejas sentadas allá en un rincón distraían el tiempo con el recuerdo de pasadas Noches; con historia, de tiempos que fueron y fueron de dicha, esperanzas é ilusiones; con narraciones llenas de tristeza y desengaños, los de un corazón ya seco para todo sentimiento.

Los niños andaban de aquí para allá, sonando panderetas, zambombas y almireces. Ella, ella estaba triste, pensativa; toda aquella alegría le parecía un sueño, no la concebía; y es que su corazón estaba triste, muy triste, como que conservaba las huellas de su última carta y ella quería contestarla, decirle que le quería mucho, más que él á ella, pero.... ¿como se lo diría?

—¿Qué te pasa esta noche?—le decían sus padres—No sé por qué estás de ese endiablado humor; distráete y no seas tonta. Anda, canta un villancico.

Sí, para cantar estaba ella; y sin embargo cantó, pero no cantos de alegría, no cantos á la llegada del Niño Dios, sino cantos de tristeza, cantos á la traición de un Judas.

Al fin pasó todo, encontróse en el lecho sola. Sola no, que allí con ella esta-

ban sus recuerdos, el recuerdo de él que se aproximaba á ella y destilaba en sus oídos una á una las más dulces palabras; él, bello y arrogante cual ángel tentador, pero loco y desesperado, cual aquel, por la pérdida de un cielo de dichas y placeres.

Rindióla el cansancio, sus hermosas pestañas se entornaron y Morfeo tendió sobre ella sus brazos castos y aliviadores....

- ¿Qué soñó? Quizás, siendo Noche-Buena, el recuerdo de aquel Niño-Dios ocupó su muerte; quizás fuera otro recuerdo el que llenó su sueño ¿quién sabe? Ella recordaba haber visto allá en sueño á una virgen de faz delicada, oscuros ojos y dorados cabellos; y también creyó ver á un Dios de morena tez, negros cabellos y mirada enérgica.

Pero lo que sí vió ella bien, lo que se destacaba entre todos sus recuerdos lleno de vivos resplandores, era la figura angelical de un niño; ¿de un Niño-Dios? no de un niño hombre, de un hermoso ser que extendía hacia ella sus diminutos brazos, con la cara sonriente, los ojos grandes, abiertos, llenos de candidez é inocencia, todo rebosando salud, todo rebosando cariño hacía aquella virgen de oscuros ojos y rubios cabellos....

III

Corre carta deseada, llega pronto á consolar á quien ansioso te espera. Nada te detenga, atreviera las llanuras, salva los ríos y traspasa las montañas; no te asuste ningún obstáculo, que ya salvastes el más grande, el más inmenso, el pudor de una virgen de tez delicada, oscuros ojos y dorados cabellos.

P. CARRASCO GARRORENA.

EL MUDO.

(Al reputado artista, mi bondadoso amigo
D. Manuel Salvi.)

Cuando el sol, poco á poco, apagaba
sus blandos reflejos,
comenzando á cubrirse de sombras
la tierra y el cielo
siempre oía vibrar la guitarra
de aquel pobre viejo,
y al sentirla, el dolor oprimía
con fuerza mi pecho.

¡Pobre mudo! ¡Cruzaba la calle
con pasos tan lentos!...
¡Tan humilde su dócil mirada
fijaba en el suelo!...
¡Al herir con sus dedos las cuerdas
del tierno instrumento
se escuchaban tan tristes sonidos,
tan lúgubres ecos,
que sentía inundados mis ojos
de lágrimas llenos!

¡Cuántas veces el mudo quería
brotar un acento,
y de rojo, su pálida frente
teñía el esfuerzo;
un rumor arrancaba tan solo
del fondo del pecho
y una mueca espantosa plegaba
su rostro sereno!

En la sombra tal vez del espíritu
guardaba un secreto
que ansiaría mostrar á los hombres
buscando consuelo...
¡Quién podía saber del anciano
los hondos misterios!

¡Qué terror producían sus labios
rojizos y frescos,
sin poder expresar lo que el alma
sentía allá dentro!...

Semejaban las galas vistosas
que encubren á un muerto.

—
Cuando algún otro ser, apiadado,
mostraba deseos
de que el mudo explicase el origen
de tal sufrimiento
el anciano, ¡con qué amarga pena
con qué horrible esfuerzo,
pretendía decir con los ojos;
¡¡Soy mudo!!... ¡¡No puedo!!

JOSÉ RUBIO CASELLAS.

La poesía popular extremeña

Dije en mi primer artículo que uno de los mayores atractivos, que los cantares populares encierran, es la ingenuidad con que el autor expresa su pensamiento, en la generalidad de los casos. Hay algunos en los que el sentimiento del poeta se ha manifestado tan exageradamente que constituyen casi un disparate; pero esta misma exageración muestra á veces el pensamiento con una intensidad tal, como no podría dársele de otro modo; de esta clase es el siguiente:

Quisiera ser el sepulcro
donde te van á enterrar,
para tenerte en mis brazos
todita la eternidad.

En cambio este dejenera en la candidez.

¡Quién te tuviera en mis brazos
como tengo á la guitarra!
te diera dos mil abrazos
aunque á presillo me echaran.

¡Inocente! ¡Creer que le pudieran echar á presidio, por abrazar á una mujer!...

Algunos enamoran por un decir tan sencillo, que reve'a un alma de campesino, franca y noble, sin dobleces y sin refinamientos. Véase este:

Si piensas que son ganancias
el tener á muchos ley,
esas son las inorancias
que las mujeres teneis.

Y este otro parece dicho por un niño:

Tienen las que son bonitas
un mirar, tan á lo extraño,
que cuando miran á un hombre
le dejan casi temblando.

Con la misma espontaneidad exponen sus burlas; tanto que casi siempre dejeneran en insulto. Tal es:

Eres más fea que el cuco
y más negra que una graja;
eres una albarda vieja
y si te sale la paja.

Más de una vez, recopilando estos cantares, no ha podido menos de causar mi hilaridad el concepto que algunos tienen formado de la poesía. No conocen las reglas de la Preceptiva, pero si usan y abusan de los ripios.

Recuerdo que, como en cierto cantar me llamara la atención una palabreja, á la que no encontraba significado alguno, y como preguntase al que me lo dictó que significaba la tal palabra, me dijo: No sé; esas son palabras que no

entendemos, pero que las ponemos para hacer el verso bonito. Véase pues que concepto más *galano* tienen algunos del ripio. Con gran frecuencia la mitad de la composición es un ripio, como sucede en estos:

En el campo hay una flor
que se llama campanita,
y la ilusión de los hombres
son las mujeres bonitas.

En el campo hay una flor
que se llama siempreviva;
no sé que tiene mi-dama
que siempre está pensativa.

En cambio, léase esta linda comparación, llena de tanta poesía, como sencillez en su lenguaje:

Con la luna te comparo,
mire que comparación:
la luna alumbra los campos,
tú alumbras mi corazón.

Pero, que descifre quien pueda este otro:

Yo me metí en una sisma,
por ver lo que había dentro;
y vide la fin del mundo,
el desengaño del tiempo.

DIOS

FRAGMENTO.

El mortal en su loco desvarío
Tu grandeza no puede comprender;
¡Que es muy chico el cerebro del humano
Y no cabe ni una idea de tu ser!

CIENFUEGOS (MULEY HAZÁN.)

A una coqueta

¿Por qué me miras así
con mirada indiferente
y con sonrisa imprudente
causándome gran dolor?
¿Te conoces á tí misma?
¿Soy para tí poca cosa?
Te imaginas ser hermosa
y te burlas de mi amor;
Pero... niña todo el mundo
con el tiempo se estropea,
y se vuelve mujer fea
la que fué bonita ayer;
y cuando nadie te mire,
cuando exhales un lamento
que se marche en pos del viento
coqueta ¿qué vas á hacer?

G. HURTADO.

Caballeros...

Pues señor, llegó el instante,
llególe al fin el momento
á nuestra humilde Revista
de encomendarse al Eterno,
y sin misas, ni novenas,
ni siquiera un *jubileo*
lanzar, cual pájaro helado
el triste y último aliento.
¡Adios, periódico *insigne*!
alguien te dijo folleto,
quien de bilis una taza,
más papelón, nadie al menos,
y yo aseguro y doy fé
de que no fué nada de eso
y si un ensayo inocente
de periódico algo serio;

tan serio, que osó pagar
al tan engañado Arqueros,
que ya es pagar en España
y en los tiempos que corremos.
Nació, como nacería
cualquier chico malo ó bueno,
por capricho de sus padres
que salir al fin quisieron
de una quiescencia forzosa,
y un horrible aburrimiento;
se crió el pobre delgado
porque no tomaba suero
ó leche, que en este caso
era el ansiado dinero;
mas creció con energías
ya que no con rostro bueno
y vivió justo un semestre,
engolfado en devaneos
amorosos que tuviera
con más de un poeta nuestro;
y hoy muere por abandono
de sus padres y sus *deudos* (1)
Perdona lector amado
que te abandone tan presto,
más, si tu aplauso envanece
mi estómago suena á hueco;
con que á la Ciencia me agarro
madre de lo verdadero,
y, engolfado ya en matrices
determinantes y senos,
me olvido de aquella musa
que me inspiró por un tiempo,
aunque cual la del Toboso
no diera olores muy buenos,
y me despido del arte,
que es muy bello, si muy bello,
mas que no da los garbanzos
que necesita el puchero.
Adios, pues, lector insigne,
rézanos un padrenuestro,
y ya que pronto nos vamos

(1) Conste, que no son sus deudas
y sí sus amigos *deudos*.

á ver al mismo *Bolero*,
dadnos recomendaciones
de Pidal ó un *carca* de ellos.

P. P. y W.

De todo un poco.

Deberes y ocupaciones más imperiosos, constantes é imprescindibles nos obligan á suprimir la publicación de esta Revista.

Bien es verdad que, si hemos de admitir la inmortalidad de las almas, seguramente no morirá la de PAX-AUGUSTA, y *quien sabe si en los venideros tiempos*, se encarnará en una más lujosa vestimenta.

Damos las gracias á cuantos nos han apoyado en nuestra empresa, ya alabándonos, ya dignándose leernos, por el favor que nos dispensaron.

LA REDACCIÓN.

Parece ser que existe gran esfervecencia entre los socios del Ateneo Escolar y la Junta Directiva. Tenemos entendido que á consecuencia de ella el Sr. Carrasco y de Rivera y el Sr. Sardña han dejado de pertenecer á dicha Sociedad.

Lamentamos tales discordias

en una Sociedad constituida por los estudiantes de esta región.



Mal haya el amor, mal haya,
y el que del amor se fia,
que puse yo mi querer
en quien no lo merecía.

(Cantar popular).



Nuestro querido colega *La República*, de Mérida anuncia la aparición á principios del próximo año, de una revista titulada *La Unión Republicana*, que verá la luz en Jerez de la Frontera.

Parece ser que la tal revista se traerá cosas. Lo celebraremos.



Mi mujer y mi caballo
se me murieron á un tiempo.
¡Qué mujer ni qué demonio;
mi caballo es lo que siento!



El Sr. Lacarra, al verse en Extremadura, se ha creído en la necesidad de poner una salchichería.

Decimos esto, porque es asombroso el número de *morcillas* que sirvieron al público la otra tarde, principalmente en una obra que los carteles decían ser *El Cabo primero*. Véase la clase:

—¿A que no sabes lo que es?
—Una lata de sardinas

—Oye: en cuanto vayas al campamento le digo al sargen-

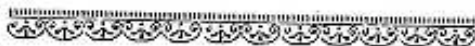
to que le has robado la cubierta de la cama.

—Oye: ¿Coleccionas las cerillas usadas?

—Sí porque se las doy á la Tabacalera y las pone cabeza nueva.

.....
Y así sucesivamente.

¡Hay que comprimirse, señores actores!



CORRESPONDENCIA

D. G. H.—Cáceres: Inútil ya envío de original convenido. Se agradece.

D. C. A.—Tamurejo: Tiene en mi poder á su disposición 160 pesetas.

D. R. C.—Herrera: Idem.

D. A. G.—Olivenza: Escriba diciendo mejor modo de cobrar esas suscripciones, ó envíe su importe; lo que sea antes del 9 en que marchó á Madrid.

D. M. R.—Mérida: Le agradeceré que con la mayor brevedad envíe importe de las suscripciones.

D. S. G.—Talarrubias: Recibirías carta mía, comunicando resolución y resultados. Hasta el 9 por la noche.

D. J. P. y P.—Plasencia: No se le puede complacer por falta de espacio.

ANTONIO ZOIDO.

MARMOLISTA

Premiado con medalla de oro en la Exposición Regional Extremeña

DE 1892.

Francisco Pizarro, 14 (antes Aduana)

BADAJOS

La Ciencia del Porvenir

REVELACIÓN

DE LOS

VERDADEROS PRINCIPIOS DE LA CIENCIA

POR

D. Pedro Arnó de Villafranca

*Un cuaderno mensual de 48 páginas en
4.º mayor, una peseta.*



Grandes Almacenes

DE

TEJIDOS, PAQUETERÍA Y COLONIALES

PLAZA DE LA SOLEDAD, 3 Y 4

BADAJOS

Grandes novedades en tejidos de fantasía, á precios modestísimos.

Esta casa tiene viajeros en provinciales y Portugal. Remesas á todos los puntos de España y del extranjero.

IMPORTANTE.

Una familia extremeña residente en Madrid, admite uno ó dos estudiantes.

Pídanse detalles en la Administración de **Pax-Augusta**, Abril, 18, Badajoz.

DISPONIBLE.

Discurso del Ilmo. Sr. D. Pedro Carrasco, Académico de la de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales, Catedrático de la Universidad Central.

SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA, SEÑORES ACADÉMICOS, SEÑORAS, SEÑORES:

La organización de este acto me obliga a ensalzar a Echegaray en nombre de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, de la que fué profesor, excepcional e insustituible, durante los últimos años de su vida. Pero sobre la obligación formularia, salta la causa emotiva, el discípulo domina al profesor, el corazón desborda al cerebro y no sé si podré decir de él más que mi veneración al maestro por antonomasia, al que me enseñó a sentir la emoción científica ante la verdad, a despreciar los falsos oropeles de la mezquina vanidad humana, tantos más grandes aquéllos cuanto más vacía ésta de contenido, y a vivir plácido la vida interior de nuestros amores, dejando vagar la fantasía por los floridos jardines secretos de nuestros ideales y nuestras emociones íntimas.

Guiado por su mano recorrí, pobre y absorto discípulo, las gloriosas cimas de las teorías científicas y los bajos lodazales de la ruindad social. Y la serenidad espiritual que me dejara me permite seguir la vida sin odios y sin ambiciones, recordando su estoica sonrisa y la bondad inquebrantable de su persona, que después de haberlo sido todo, arrinconado, recluso en sí mismo, gozaba, cual curioso chicuelo, charlando en la intimidad acerca de los últimos arcanos de la ciencia. No he de ser yo el que en estos momentos os repita la vida pletórica de Echegaray, rica en destellos de sus innúmeras facetas, como brillante solitario que destaca su hermosura entre la más rica pedrería; pero su vida me recuerda siempre, a mí, modesto observador de los astros, esos rutilantes cometas que al acercarse a nuestro pequeño mundo planetario van aumentando el brillo y esplendor; en la madurez, excitados por la actividad solar se enriquecen con esplendorosa cabellera hervidero de energías; y al alejarse, van recogiendo cada vez más en la intimidad de su núcleo, hasta perderse anónimos en los abismos siderales ante la indiferencia del vulgo y, acompañados tan sólo por la atención amorosa de los astrónomos, que vigilan leales hasta la última palpitación perceptible de su existencia cósmica.

Y así Echegaray va acrecentando durante su juventud las dotes de su talento excepcional, que le elevan al plano de maestro indiscutible; y así Echegaray, entre el hervidero social de la revolución septembrina, despliega energías inusitadas, derrama sobre el cuerpo social las múltiples modalidades de su talento, hasta que, faltar del calor vivificante del medio, languidece escéptico, y vuelve placentero al mayor de sus amores, la ciencia abstracta, tal vez porque las impurezas de la vida le mostraban lejano, irrealizable entonces, lo que era anhelo de su corazón, norte y guía de su espíritu.

En esta última fase conocí a Echegaray en la Universidad, enseñando a mi generación las teorías más básicas y fundamentales de la física matemática; y sólo le acompañábamos en el voluntario destierro de su cátedra los que, despreciando a los

prodigadores de mercedes, íbamos a recoger de sus labios, cual de manantial purísimo, las cristalinas gotas que condensan los más trascendentales principios de la ciencia y la filosofía.

En Echegaray dominó siempre el maestro, no para fabricar un dogma ni crear prosélitos, sino para verter generoso, con el más puro altruísmo, lo mejor de su intelecto: para que la multitud aplacara su eterno ansia de saber.

No era Echegaray, como decía Abel del matemático Cauchy, de esos sabios que, cual la zorra, borra con el rabo la huella de sus pasos: esos podrán ser sabios, pero no maestros. Echegaray era la claridad meridiana de un cielo español; oyéndole, no sólo comprendíamos cuanto decía, sino lo que pensaba; y hasta veíamos en la máquina de su cerebro cómo se elaboraba la idea que se incrustaba férrea en el del oyente con solidez incommovible. Echegaray, en otro ambiente y en otro momento histórico, pudo ser un formidable especialista, un matemático único. Pero no se lo permitieron ni el medio, ni la vida, ni la propia exuberancia de su talento. Fue enciclopedista como lo fueron en todos los pueblos las grandes figuras que precedieron al desbordamiento de una cultura; como lo fueron en momentos históricos más intensos Miguel Angel, Voltaire y Kant.

Oíd sus palabras: “Cuando la Tierra tiembla, tiemblan las cabañas, tiemblan los palacios”; en esta frase lapidaria se retrata la vida del maestro.

En la esteparia llanura de nuestra ciencia del siglo XIX, el genio de Echegaray es la commoción sísmica que rompe la desolada uniformidad y trae al campo de la Matemática y la Física los más ricos filones de la ciencia de su época. Abre cauces donde sólo existían muertos embalses; levanta faros espirituales donde la atonía de una raza, ahíta de luchar, dormía el cansancio de las jornadas pasadas. Echegaray, como esas commociones que trastornan la estructura, la geología y la biología de una zona terrestre, es la sacudida genial que aviva el espíritu de una raza, desde la cabaña hasta los palacios, desde el obrero más humilde que en momentos de descanso deletrea sus inimitables artículos, hasta las más altas esferas del Estado al que señala rumbos económicos y culturales. Su genio atisbó claramente que los dos problemas básicos de la humanidad y por ende los de nuestra querida España eran la economía y la enseñanza.

Y siempre en sus actos aparece el maestro. Maestro decretando como ministro de Instrucción Pública en nuestros Gobiernos revolucionarios; maestro en las aulas de la Escuela de Ingenieros de Caminos y en la Facultad de Ciencias de la Universidad; maestro en la revista, y maestro en el periodismo. Tan maestro fué, que no hubo hombre en España, desde el curioso inculto hasta el profesional más ilustrado, que no debiera a Echegaray algo de lo mejor de su espíritu.

Echegaray fué el iniciador científico de nuestro pueblo durante largos años. Sus artículos de divulgación en revistas y diarios, artículos no igualados por nadie, popularizaron los conocimientos básicos de la ciencia y de la industria, los últimos inventos y los descubrimientos más misteriosos. ¡Con qué deleite pueden leerse hoy!

Y entonces, ¡cuántos cerebros, dormidos para la especulación, recibieron con esas maravillosas notas periodísticas la conmoción que despertaba a un investigador en potencia; pues por su forma sugestiva y por la claridad y por la profundidad de los conceptos obraron como talismán misterioso para muchos cerebros, cerrados hasta entonces a la luz de la verdad.

En sus lecciones en la Escuela de Caminos, en sus conferencias en el Ateneo y, finalmente, en sus admirables lecciones en la Facultad de Ciencias, fué el hombre de avanzada, el que volcó en nuestro solar la riqueza matemática de otros pueblos, iniciando a las generaciones que hoy preparan el resurgimiento español, abriendo puertas y ventanas a todos los puntos del horizonte científico. Sin la labor enciclopédica de Echegaray, como sin el ejemplo venerable de Cajal, tal vez la cultura e investigación española seguirían en la atonía del pasado siglo. Por ello es un deber de todos los españoles, que caminamos, ni envidiosos ni envidiados, por los ricos y a veces abruptos caminos de la ciencia, glorificar al Maestro de todos, elevar la expresión máxima y ferviente de nuestra admiración al que será en la Historia el precursor de nuestro engrandecimiento.

En el momento más combatido de su vida, cuando el huracán revolucionario le lanza a la vida política y le entroniza en el Ministerio de Fomento, si grande es la figura del Ingeniero a quien se debe la iniciación de nuestra red de Ferrocarriles, de nuestros puertos, de nuestros pantanos, no es menos grande, aunque ha sido más olvidada, su labor rigiendo la Instrucción Pública. Yo he oído multitud de veces ensalzar como acto excepcional en la vida cultural del Estado la creación y organización del Instituto Geográfico, Estadístico y Catastral, para glorificar al insigne general Ibáñez. Pues bien; el decreto de creación, como todos los conducentes a establecer sobre bases científicas la estadística, el mapa y el catastro llevan la firma de D. José Echegaray.

Y en enseñanza, en sus decretos, órdenes y circulares, siempre aparece el nombre laico, ecuánime, respetuoso con la conciencia ajena, defensor de la propia, paladín de la libertad de la Cátedra aunque imponga al profesorado en todos sus grados la obligación de prestar juramento a la Constitución para posesionarse de su cargo. El impulsa la creación de centros de enseñanza, estimulando a Diputaciones y Municipios para que se multipliquen las escuelas de todo género, cuyo principal objeto, según palabras de un decreto suyo, es “cultivar la inteligencia y formar el corazón de la juventud, devolviendo a la sociedad sus hijos dotados de la instrucción necesaria para que sean después dignos ciudadanos”.

El establece en toda la Península multitud de bibliotecas escolares y lleva a las escuelas colecciones de minerales útiles a la industria y a la agricultura, porque estima que en la educación y en el conocimiento de la Naturaleza está la verdadera revolución del mañana; y Maestro siempre, sabe que nada pueden los hechos, por trascendentes o profundos que sean, si los espíritus no han encarnado en un ideal que inspire, fecundice y dé solidez a la obra. Que no es el bruto golpe del cincel el que labró la Venus de Milo, sino el genial espíritu que impulsaba al brazo del artista.

Fué Echegaray el que en el preámbulo de un decreto señalaba la finalidad futura de los Institutos de segunda enseñanza, indicando la necesidad de un plan de organización que fundiera con la cultura general los conocimientos artísticos, industriales y comerciales que preparasen al hombre para los diversos oficios y profesiones; y es más, llegó a autorizar a la Universidad para organizar enseñanzas donde se formarían los funcionarios de la Administración, visión clara de lo que debiera ser una perfecta máquina estatal.

No es posible agotar ni aun exponer en tan corto tiempo toda su labor ejemplar. Baste lo dicho, para advertir que desde las cimas del Gobierno era faro esplendente que puso un destello orientador en el porvenir cultural de España.

¡Lástima que el talento y la visión política de otros hombres de aquella época no hubieran estado a igual altura, cooperando a la salvación definitiva de nuestra Patria!

No quiero terminar estas incoherentes frases, hijas de mi admiración, con un latiguillo indigno de mi maestro. Prefiero que le oigáis a él en las frases con que encabeza un decreto de 1870, palabras de actualidad palpitante: “Las revoluciones políticas son estériles si no llevan su espíritu y su fuerza a los varios elementos que constituyen el organismo social; si no consiguen que a los nuevos principios se amolden leyes, instituciones y costumbres, y que todo ceda al poderoso influjo y a la transformadora acción de la nueva idea. Cambiar la superficie, dejando inalterable el fondo, es sustituir a la realidad la apariencia; y, por otra parte, una vez emprendido el verdadero trabajo interno, detenerse antes de llegar al fin es, no sólo dejar incompleta la obra comenzada, sino abandonarla imprudentemente a los azares del tiempo o a los repetidos embates reaccionarios, a los que por desgracia siempre cede lo que es superficial, a los que siempre resiste lo que en sólidos y profundos cimientos se apoya.”

Notas sobre Pedro Carrasco Garrorena en la revista *Nature*.

THE SPANISH SOLAR ECLIPSE EXPEDITION.- The Madrid Observatory dispatched an expedition to Theodosia, in the Crimea, to observe the total eclipse of the sun on August 21. The party included MM. Ascarza, Carrasco, and Tinoco, with one or two voluntary helpers. The weather seems to have been favourable at their station, and the results obtained were satisfactory, and are briefly described in the Comptes rendus for November 30 (vol. Clix., No. 22, p. 738). The corona is described as of a form analogous to that of minimum sunspots with polar rays a little more pronounced. Photographs of the spectra of the corona and chromosphere were successfully secured, and, in M. Carrasco's case, with special attention to the red, yellow, and green regions. While details regarding the wave-lengths will be published later, M. Carrasco directs attention to a red coronal radiation, the wave-length of which he gives as $\lambda=6373.87 \text{ \AA}$ U. He describes the green coronal radiation as being very feeble or absent.

LA EXPEDICIÓN ESPAÑOLA DEL ECLIPSE SOLAR.- El observatorio de Madrid envió una expedición a Teodosia, en Crimea, para observar el eclipse total de sol del 21 de Agosto. El grupo estaba compuesto por los señores Ascarza, Carrasco y Tinoco, con uno o dos ayudantes voluntarios. La temperie parece haber sido favorable en su estación y los resultados obtenidos fueron satisfactorios y éstos son descritos brevemente en la Comptes rendus del 30 de Noviembre (vol. clix., No. 22, p. 738). La corona se describe como de una forma análoga a la del mínimo de manchas solares con rayos polares un poco más pronunciados. Se obtuvieron con éxito fotografías de los espectros de la corona y de la cromosfera y, en el caso del Sr. Carrasco, con especial atención a las regiones del rojo, amarillo y verde. Mientras que los detalles tocantes a las longitudes de onda serán publicados más tarde, el Sr. Carrasco dirige la atención a una radiación coronal roja, a la cual le da la longitud de onda $\lambda=6373.87 \text{ \AA}$. Describe la radiación coronal del verde como muy débil o ausente.

Nature **94**, 2335, December 17 (1914), p. 432.

SOME RESULTS OF THE RECENT ECLIPSE EXPEDITIONS.- Las week reference was made to the results of the Spanish eclipse expedition to the Crimea during August last, and attention was directed to a red coronal radiation at $\lambda 6373.87$, which was discovered by M. Carrasco on his photographic plates. This radiation is a new addition to the spectrum of the corona, and, like some other coronal radiations, seems to vary in intensity with the state of solar activity at the time of eclipses. M. Iniguez, the director of Madrid Observatory, has just forwarded an enlargement (paper) of the region, between H_{α} and D_3 , the original of which was taken 13 sec. after second contact, and exposed for 10 sec. This print shows in the first place the sharpness of the images of the arcs, and in the second the clear and prominent arc due to the new coronal radiation. The wavelength is given as $6373.87 \pm 0.04 \text{ \AA}$ units. In the Comptes rendus (vol. clix., No. 23) for December 7 M. Deslandres presents a communication by MM J. Bosler and H. G. Block with reference to the results of the Meudon eclipse expedition to Strömsund (Sweden). The note is restricted to the results of one part of their programme, namely, the spectrum of the corona. The continuous spectrum of the corona was perfectly regular, and indicated no signs of flutings or Fraunhofer lines, but only gradations due to the sensitiveness of the photographic plate. The well-known green radiation at $\lambda 5303.7$ was entirely absent. In the red part of the spectrum a brilliant and intense new radiation appeared. The wavelength is given as $6374.5 \text{ \AA}$ units (to $0.2 \text{ \AA}$ U. nearly), and agrees well with that determined by the Spanish observers.

ALGUNOS RESULTADOS DE LAS EXPEDICIONES AL RECIENTE ECLIPSE.- La semana pasada referenciábamos la expedición española que observó el eclipse en Crimea durante el pasado Agosto y la atención estuvo dirigida a la radiación coronal roja en $\lambda 6373.87$, que fue descubierta por el Señor Carrasco en sus placas fotográficas. Esta radiación es una nueva adición al espectro de la corona y, como algunas otras radiaciones coronales, parece variar en intensidad con el estado de la actividad solar en el momento de los eclipses. El Señor Íñiguez, director del Observatorio de Madrid, nos ha remitido una ampliación (papel) de la región, entre H_{α} y D_3 , cuyo original fue tomado 13 seg. después del contacto y fue expuesto durante 10 sec. Esta figura muestra en primer lugar imágenes de los arcos y, en segundo lugar, el arco claro y prominente debido a la nueva radiación coronal. La longitud de onda es 6373.87 ± 0.04 en unidades $\text{\AA}$. En el Comptes Rendus (vol. clix., No. 23) del 7 de Diciembre, el Señor Deslandres presenta una comunicación de los señores J. Bosler y H. G. Block sobre los resultados de la expedición de Meudon que observó el eclipse en Strömsund (Suecia). La nota se restringe a los resultados de una parte de su programa, es decir, el espectro de la corona. El espectro continuo de la corona fue perfectamente regular, sin presentar signos de estrías ni líneas de Fraunhofer, sino sólo la gradación debida a la sensibilidad de la placa fotográfica. La bien conocida radiación verde en $\lambda 5303.7$ estuvo completamente ausente. En la parte roja del espectro apareció una nueva radiación intensa y brillante. La longitud de onda dada es $6374.5 \text{ \AA}$ (con $0.2 \text{ \AA}$ de precisión) y concuerda bien con la determinada por los observadores españoles.

Nature **94**, 2356, December 24 (1914), p. 460.

THE SOLAR ECLIPSE OF APRIL 17, 1912.- We have received copies of two papers by Señor P. Carrasco, of the Madrid Observatory, reprinted from the Annals of

EL ECLIPSE SOLAR DEL 17 DE ABRIL DE 1912.- Hemos recibido copias de dos artículos del Señor P. Carrasco, del Observatorio de Madrid, publicados en los

the Physical and Chemical Society of Spain, dealing with the above eclipse. One of these papers (Ann., vol. xii, pp 482-99, 1914) gives a general description of the eclipse and of the work done at Cascabelos (Leon) by Señor Carrasco, who had charge of the spectroscopic work in the eclipse party under Señor Cos, organised by the Institute of Geography and Statistics. The central line of totality, it is estimated, passed about 2700 metres south-east from the position occupied at Cascabelos ($3^{\circ} 1' 39''$ W., Madrid, $42^{\circ} 35' 53''$ N.). The observers saw something rather less than totality, but more than a mere partial phase. In the second paper (Ann., vol. xiii., pp. 181-238, 1915) the spectroscopic observations are discussed. The prismatic camera employed had "two (?) quartz prisms of 60° angle, 48 mm. in height, with an objective of 50 mm. aperture and 630 mm. f.l." Five exposures were made in ten seconds on one plate (Agfa), 13x18 cm. Three of these spectra have been measured and reduced (Cornu-Hartmann formula, Rowland's solar wave-lengths, and Kayser's Hauptlinien). The results are given in a table of some 2000 chromospheric lines between $\lambda\lambda 3334$ and 5897. The ultraviolet region to $\lambda 3900$ has been mapped. The conclusions reached are in good accord with those now generally accepted; thus, although Fraunhofer lines are common to both spectra, yet the intensities are notable distinct, the larger chromospheric arcs agreeing better with the spark than the arc spectrum, and the principal lines of the high chromosphere correspond with the enhanced lines of Sir Norman Lockyer.

Nature **96**, 2392, September 2 (1915), p. 16.

THE TOTAL SOLAR ECLIPSE, AUGUST 21, 1914.— Several publications dealing with this eclipse have lately come to hand. In one of these, MM. C. Benedicks and I. Fredholm describe (Ark. K. Svenska Vet' Acad., Band 10, no. 24) some photographs taken at Lundsvall with a telephoto combination

Anales de la Sociedad Española de Física y Química, relacionados con el eclipse citado. Uno de estos artículos (Ann., vol. xii., pp. 482-99, 1914) da una descripción general del eclipse y del trabajo realizado en Cascabelos (León) por el señor Carrasco, que estuvo a cargo del trabajo espectroscópico de la expedición del eclipse, bajo la dirección del señor Cos, organizada por el Instituto de Geografía y Estadística. La línea central de totalidad, se estimó, pasó a unos 2700 metros al sureste de la posición ocupado en Cascabelos ($3^{\circ} 1' 39''$ W., Madrid, $42^{\circ} 35' 53''$ N.). Los observadores vieron algo bastante menor que la totalidad pero mayor que una mera fase parcial. En el segundo artículo (Ann. Vol. xiii., pp. 181-238, 1915) se discuten las observaciones espectroscópicas. La cámara prismática empleada tenía "dos (?) prismas de cuarzo de 60° , 48 mm de altura, con un objetivo de 50 mm de diámetro y 630 mm de distancia focal". Se realizaron cinco exposiciones en diez segundos sobre una placa (Agfa) de 13x18 cm. Tres de estos espectros han sido medidos y reducidos (fórmula Cornu-Hartmann, longitudes de onda solares de Rowland y Kayser's Hauptlinien). Los resultados se dan en una tabla de unas 2000 líneas cromosféricas entre $\lambda 3334$ y $\lambda 5897$. Se ha trazado el mapa desde la región del ultravioleta hasta $\lambda 3900$. Las conclusiones de la investigación están en buen acuerdo con las normalmente aceptadas en la actualidad; así, aunque las líneas de Fraunhofer son comunes a ambos espectros, las intensidades son notablemente distintas, los arcos cromosféricos mayores concuerdan mejor con el espectro de chispa que con el de arco, y las líneas principales de la alta cromosfera se corresponden con las ensalzadas líneas de Sir Norman Lockyer.

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 21 DE AGOSTO DE 1914.— Algunas de las publicaciones relacionadas con este eclipse han llegado últimamente a nuestras manos. En una de ellas, los señores C. Benedicks y I. Fredholm describen (Ark. K. Svenska Vet' Acad., Band 10, no. 24) algunas fotografías

(Goerz anastigmat and Zeiss teleansatz). They have devised a laboratory experiment reproducing the effect of shadow-bands which they ascribe simply to an effect of refraction in a non-homogeneous medium. Senor P. Carrasco forwards a reprint of a note referring to his observations made at Theodosia of the red line at $\lambda 6373$ (Revista R. Acad., Ciencias, January, 1915, Madrid). From Prof. Guglielmo Mengarini we have received a copy of an article which appeared in the Nuova Antologia (fasc. 1039, Rome), describing the operations of the Italian expedition to the Crimea. Although occupying a station in the neighbourhood of Theodosia, a fortunate break in the clouds permitted observations of totality, and the corona was photographed by Prof. Mengarini on a Lumière autochrome plate, exposed at the focus of the Fraunhofer equatorial (3 metres f.l.) loaned by Prof. Bemporad. Illustrations include reproductions of two composite corona photographs and some prominence pictures. Prof. Ricco made visual and spectroscopic observations. Prof. Palazzo employed a series of recording instruments in observations of solar radiation, terrestrial magnetism, electric potential, and earth temperature. From the Astronomische Nachrichten (No. 4811) we learn that the 6-in. Repsold heliometer of the Leipsic Observatory was employed by Von Nauman, assisted by Frl. Kuschel, for measures of the position angles of the cusps at chronographically recorded instants through the greatest phase; 150 measures were obtained in about fifty-two minutes. The following corrections to the ephemerides were obtained:—

$$d\alpha = +11.4'' \pm 0.12'', \quad d\delta = -3.6'' \pm 0.08''$$

The solar co-ordinates were taken from the Berliner Jahrbuch; the moon's position was derived from the Nautical Almanac.

tomadas en Lundsvall con una combinación de telefotos (Goerz anastigmat y Zeiss teleansatz). Habían ideado un experimento de laboratorio reproduciendo el efecto de bandas de sombra que atribuyen simplemente a un efecto de refracción en un medio no homogéneo. El Señor P. Carrasco envía una separata de una nota referente a sus observaciones hechas en Teodosia de la línea roja en $\lambda 6373$ (Revista R. Acad. Ciencias, Enero, 1915, Madrid). Hemos recibido del Prof. Guglielmo Mengarini una copia de un artículo que apareció en Nuova Antologia (Fasc. 1039, Rome), describiendo las operaciones de la expedición italiana a Crimea. Aunque ocuparon una estación en las vecindades de Teodosia, un claro afortunado de nubes permitió la observación de la totalidad y la corona fue fotografiada por el Prof. Mengarini sobre una placa autocrome Lumière, expuesta en el foco de un ecuatorial Fraunhofer (3 metros de distancia focal) prestado por el Prof. Bemporad. Las ilustraciones incluyen reproducciones de dos fotografías compuestas de la corona y algunas imágenes de prominencias. El Prof. Ricco hizo observaciones visuales y espectroscópicas. El Prof. Palazzo utilizó una serie de instrumentos registradores en las observaciones de radiación solar, magnetismo terrestre, potencial eléctrico y temperatura de la tierra. Por la Astronomische Nachrichten (No. 4811) vemos que el heliómetro Repsold de 6 pulgadas del Observatorio de Leipsic fue utilizado por Von Naumann, ayudado por Frl. Kuschel, para medidas de ángulos de posición de los cuernos [del eclipse] registrados cronográficamente en instantes a través de la fase mayor; se obtuvieron 150 medidas en unos 52 minutos. Las siguientes correcciones a las efemerides fueron obtenidas:

$$d\alpha = +11.4'' \pm 0.12'', \quad d\delta = -3.6'' \pm 0.08''$$

Las coordenadas solares fueron tomadas del Berliner Jahrbuch; la posición de la luna fue deducida a partir del Nautical Almanac.

PARIS

Academy of Sciences, November 22.– [...] P. Carrasco: The structure of the line spectrum of the solar corona. A photograph of the solar corona taken during the eclipse of August 21, 1914, gave a red line as the most prominent in the spectrum ($\lambda 6374$). It is now shown that this line is included in Nicholson's series, $\lambda = (18.5397 - 1.1029n)^3$, n having the values 0, 1, 2, 3, etc.

Nature **96**, 2406, December 9 (1915), p. 41.

PARÍS

Academia de Ciencias, 22 de noviembre.– [...] P. Carrasco: La estructura del espectro de líneas de la corona solar. Una fotografía de la corona solar tomada durante el eclipse del 21 de agosto de 1914 ofrecía una línea roja como lo más prominente del espectro ($\lambda 6374$). Se muestra ahora que esa línea está incluida en la serie de Nicholson, $\lambda = (18.5397 - 1.1029n)^3$, donde n toma los valores 0, 1, 2, 3, etc.

THE STRUCTURE OF THE SPECTRUM OF THE SOLAR CORONA.— The recent brilliant application of Planck's quantum theory to the explanation of some celestial spectra by Prof. J. W. Nicholson demonstrated that vibrations of a hypothetical dynamical system —the so-called protofluorine atom— should be capable of giving rise to the majority, but not all, of the then known lines in the spectrum of the solar corona. Among those not so picked up were three prominent lines, one of these being the well-known $\lambda 5303$, the others having wave-lengths 4359 and 3534 Å. Prof. Nicholson stated that the cube-roots of the wave-lengths of these lines differed by a constant quantity, a community of origin being thereby probably indicated. M. P. Carrasco now points out (*Comptes rendus*, vol. clxi., p. 631) that there is an additional member of this series, the next earlier term being the red line at $\lambda 6374,2$. This line, unknown when Prof. Nicholson was pursuing his investigations, was the most important feature of the coronal spectrum as photographed at the late eclipse (August 21, 1914), and M. Carrasco was one of the fortunate observers who obtained a record of the line.

Nature **96**, 2407, December 16 (1915), p 438-439.

LA ESTRUCTURA DEL ESPECTRO DE LA CORONA SOLAR.— La reciente y brillante aplicación de la teoría cuántica de Planck para la explicación de algunos espectros astronómicos por el Prof. J. W. Nicholson demostró que las vibraciones de un sistema dinámico hipotético —el denominado átomo protofluorino— debería ser capaz de dar origen a la mayoría, pero no a todas, de las líneas conocidas entonces en el espectro de la corona solar. Entre ellas, no fueron recogidas tres líneas prominentes: una de ellas la bien conocida de $\lambda=5303$ Å y las otras con longitudes de onda de 4359 Å y 3534 Å. El profesor Nicholson estableció que las raíces cúbicas de las longitudes de onda de estas líneas se diferenciaban por una constante, lo que indicaba un probable origen común. El Señor P. Carrasco ahora apunta (*Comptes rendus*, vol. clxi., p. 631) que hay un miembro adicional a esta serie, en el que el siguiente término más primitivo es la línea roja en $\lambda 6374,2$. Esta línea, desconocida cuando el Prof. Nicholson llevaba a cabo sus investigaciones, fue la más importante característica del espectro coronal fotografiado en el último eclipse (21 de Agosto de 1914) y el Señor Carrasco fue uno de los afortunados observadores que obtuvieron un registro de la línea.



ON PEDRO GARRASCO

GARRORENA, gloria de la

región extremeña y orgullo de

Badajoz, por la ejemplaridad

de su vida, la profundidad de sus

estudios, la transcendencia de sus

descubrimientos y la brillantez

de sus triunfos de resonancia

mundial, ha sido recibido como

miembro de la Real Aca-

demia de Ciencias Exac-

tas, Físicas y Naturales

el día 11 de diciembre de 1929.

Desde su niñez dio prue-

bas de su inteligencia privilegia-

da y de su laboriosidad. Cur-

só el bachillerato con insuperable aprovechamiento en maestro **I**nstituto **G**eneral y **T**écnico, en el que pronto se destacó su recia personalidad, poniendo de relieve excelentes capacidades científicas y artísticas que, como consta en su brillante hoja de estudios, le valieron las más altas calificaciones, matriculas de honor y premios extraordinarios.

Pensionado después por la **E**xma. **D**iputación provincial, conquistó en nuevas oposiciones otra pensión universitaria, y con una constancia heroica, suplió lo escaso e irregular de estas aportaciones con el fruto honroso de su propio trabajo manual artístico, gema, tal vez, la más brillante de su historial esclarecido. **E**sto no le impidió ¡milagros de la voluntad y del talento! obtener en la **U**niversidad matrícula de honor en todas las asignaturas y premio extraordinario, por oposición, en la licenciatura

só el bachillerato con insuperable aprovechamiento en maestro **I**nstituto **G**eneral y **T**écnico, en el que pronto se destacó su recia personalidad, poniendo de relieve excelentes capacidades científicas y artísticas que, como consta en su brillante hoja de estudios, le valieron las más altas calificaciones, matriculas de honor y premios extraordinarios.

Pensionado después por la **E**xma. **D**iputación provincial, conquistó en nuevas oposiciones otra pensión universitaria, y con una constancia heroica, suplió lo escaso e irregular de estas aportaciones con el fruto honroso de su propio trabajo manual artístico, gema, tal vez, la más brillante de su historial esclarecido. **E**sto no le impidió ¡milagros de la voluntad y del talento! obtener en la **U**niversidad matrícula de honor en todas las asignaturas y premio extraordinario, por oposición, en la licenciatura

de 1914.

La limpia ejecutoria de este hombre insigne y su ejemplar modestia son motivos del asombro y júbilo de sus paisanos y admiradores, quienes, deseosos de hacer ostensibles estos sentimientos de amor y justicia, le ofrecen con este modesto álbum el fervoroso testimonio de fraternal homenaje y entusiasta admiración.

12 adajoz 22 de febrero de 1930.

El Gobernador Civil

El Presidente *Francisco Leizaola* El Alcalde
de la Circunscripción Provincial Presidente del Excmo.
Provincial El Director Ayuntamiento
Sebastián García del Instituto Nacional *Ricardo Carapeto*
de 2ª Enseñanza

El Director de la *S. L. Leizaola* Los Directores de la
Escuela Normal de Maestros Escuela Normal de Maestros
Rafael Morales *Ignacio Morán*

El Presidente de la Real Sociedad El Presidente del Ateneo
Económica de Amigos del País Científico y Literario
Manuel Pineda *Amplaberralle*

13

245

P. 14

ASILADO POLITICO SERVICIO DE MIGRACION
REGISTRO DE EXTRANJEROS

NUM. **120927**

SE EXPIDE EL **5** DE **julio** DE 1939

A **CARRASCO GARRORENA, Pedro**

QUITA LEGAL ESTANCIA EN MEXICO QUEDA COMPROBADA CON ESTA TAP.




JUL 7
MEXICO D.F.

(FIRMA DEL PORTADOR)

HA ENTRADO EN MEXICO POR **NUEVO LAREDO, --**
Femps EL **24** DE **mayo** de 1939.

QX

MEDIA FILIACION DEL INTERESADO

CONSTITUCION FISICA Regular
ESTATURA **174 cms.** COLORES **moreno**
PELO **negro gris** OJOS **espesas**
DADOS **negros** NARIZ **recta**
MENTON **ovariado** BIGOTE **gris**
BARBA **afeitada** SEÑAS PARTICULARES
usa lentes.

DATOS COMPLEMENTARIOS

EDAD **55** AÑOS FECHA EN QUE NACIO **17 Nov. 1883**
ESTADO CIVIL **casado** PROFESION OFICIO O
astrónomo estadístico (Dr.)
OCUPACION **español** OTROS IDIOMAS
IDIOMA NATIVO **francés**
QUE HABLA **Badajoz, España**
LUGAR Y PAIS EN QUE NACIO

NACIONALIDAD ACTUAL **española**
RELIGION **católica** RAZA **blanca**
ESTADO DE RESIDENCIA **Donato Guerra # 10, México**
NOMBRE Y DOMICILIO EN MEXICO DE PERSONAS QUE PUEDAN DAR FE
FIRMANCIAS DEL INTERESADO **Casa España en México.**
EL JEFE DE LA OFICINA DEMOGRAFICA

SECRETARIO DE MIGRACION

DR. MANUEL CAMIO.

JUL 7 1939
D.F.

Libretas manuscritas de Pedro Carrasco Garrorena

Introducción

Los familiares de Pedro Carrasco Garrorena conservan un conjunto de 15 libretas manuscritas que nos facilitaron para su estudio. Las libretas son, aparentemente, anotaciones manuscritas de Pedro Carrasco para la preparación de sus clases. Abundan temas de Física Matemática, aunque el contenido es muy dispar. Probablemente también sean dispares las fechas de escritura de las diferentes libretas, pero pensamos que la mayoría fueron escritas en torno al año 1920, tanto por la temática de las libretas como por algunas de las anotaciones.

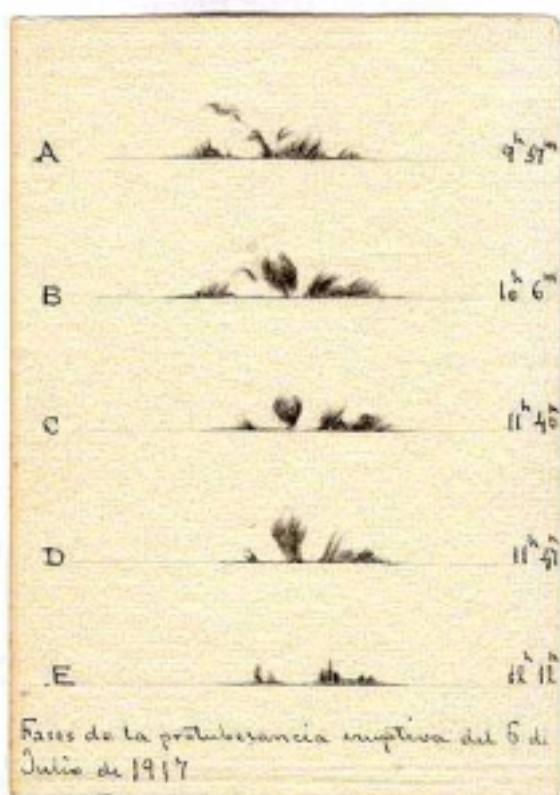


Figura 4.1. Protuberancias solares dibujadas por Carrasco el 6 de julio de 1917.

A continuación presentamos los índices de las libretas que hemos reconstruido. Para ello hemos numerado las libretas de forma arbitraria. Si la libreta tiene alguna nota de interés también lo reseñamos. Entre las libretas también se encontró un dibujo de una protuberancia solar que se muestra en la figura 4.1.

Por último, hemos incluido brevemente unas consideraciones sobre la inclusión de la ecuación de van der Waals en las libretas de Carrasco.

Cuaderno 1.

Verificación del principio de equivalencia en los gases.
Demostrar principio conservación energía se aplica a sistema cuerpos electrizados.
Verificación del principio de equivalencia en los sólidos elásticos.
Verificación del principio de equivalencia en fluidos pesados en movimiento.
Principio de Carnot.
Entropía.
Transformación adiabática de un líquido compresible.
Disociación.
Energía interna de mezclas gaseosas.
Entropía de mezclas gaseosas.
Pilas termoeléctricas.
Teoría W. Thomson.
Deformaciones.
Elipsoide de las deformaciones.
Ecuaciones de equilibrio.
Caso de existir ligaduras.
Ecuación general de equilibrio deducida de los principios termodinámicos.
Estudio de las presiones.
Teorema de Stokes.
Función armónica.
Fórmulas de Green.
Ecuaciones de Lagrange.
Teorema Poincaré.
Composición de rayos.
Un rayo de luz natural.
Interferencias.
Difracción.
Reflexión y refracción simple.
Teoría de Fresnel.
Rayo incidente polarizado en el plano normal al de incidencia.
Rayo incidente polarizado en un plano cualquiera.
Polarización rectilínea. Leyes de Malus y Fresnel.
Polarización elíptica.
Polarización cromática.
Polarización circular.
Polarización rotatoria (Fresnel).
Potencial de una esfera deducido de la laplaciana.
Potencial logarítmico.
Teorema de la media de Gauss.
Función de fuerzas electromagnéticas.
Ecuación Energía Helmholtz.
Las corrientes inducidas según Maxwell.
Investigaciones de Maxwell sobre energía cinética de las corrientes móviles.

Cuaderno 2.

Índice de Carrasco que figura en la primera página:

Percusiones: Punto material: Teoremas fundamentales.

Sistema de puntos. Teoremas.

Choque de dos esferas. Choque central. Ecuación fundamental.

Choque en cuerpos elásticos, semielásticos y blandos.

Percusiones sobre un sólido; con eje fijo; con un punto fijo; libre.

Teorema de Carnot.

Aplicaciones de las ecuaciones de Lagrange a choques y percusiones.

Presión de un gas.

Presión en función de $\overline{v^2}$.

Valor de la p en una distribución estadística.

Presión de una mezcla de gases.

Estado estadístico. Equilibrio estadístico.

Los choques con la pared no lo alteran.

Diagrama de las velocidades. Número de choques de una especie definida. Cambio de velocidades por el choque.

Determinación de f para que subsista el equilibrio

Nº de moléculas n cuya v está comprendida en $d\omega$

..... entre c y $c+dc$.

Nº total de moléculas.

Cálculo de velocidad media.

Cálculo de velocidad cuadrado media.

Curva de distribución y de probabilidad.

Cálculo de la v más probable.

Cálculo de $\overline{c^2}$ en una dirección. Teorema de la equipartición.

Ley de Avogadro y ley de Boyle Mariotte.

Determinación de la temperatura absoluta.

Definición del peso molecular.

Cálculo de h por la temperatura absoluta.

Teoría de Van der Waals.

Fuerza de cohesión. Presión total.

Cálculo de las moléculas correspondiente a un volumen.

Cálculo del número de choques.

Cálculo de la presión total.

Cálculo de la presión interna.

Cálculo de la presión sobre la pared.

Ecuación de Van der Waals.

Gas formado por moléculas cualesquiera.

Aplicación de la ecuación canónica.

Demostrar que el estado estadístico no se altera por el cuerpo entre choque y choque.

Virial. Definición.

Virial interior y exterior.

Aplicación a un gas.

Cuaderno 3.

Libreta de cien páginas. En la contratapa se lee con mucha dificultad varias citas de Jour. Phys. de los años 1912, 1913 y 1914. También se aprecia "Poincaré. Sur la theorie de Quanta. Jour. Phys.". El índice de Pedro Carrasco:

La nueva concepción de la materia. Poincaré.	3-5
Teoría fluido único. Poincaré.	6-7
Teoría de los dos fluidos.	8
La función de Saint-Venant. Echegaray.	10-11
La ley de Coulomb en la teoría electrónica.	12-13
El tamaño de los átomos. Thomson.	15-16
Gravitación (Richarson).	17-19
Ley de fuerza entre electrones. Ley de Newton.	20-22
Pesos atómicos.	23-27
Moléculas y átomos (Perrin).	40
Sustituciones químicas, pesos moleculares; Avogadro.	41-45
Velocidades moleculares (Perrin).	46-47
Combinaciones químicas (Richarson, Thomson)	48

Cuaderno 4.

Conducción calorífica.

Teoría de la conductibilidad del calor.

Parámetros físicos que intervienen en estos fenómenos.

Ecuaciones diferenciales de la corriente de calor (conductibilidad) en los cuerpos isótropos.

Problemas fundamentales.

Conducción del calor en los cristales.

Ecuación de propagación.

Conductibilidad lineal.

Régimen variable.

Sólido indefinido.

Corriente calorífica en coordenadas curvilíneas ortogonales.

Deformaciones.

Equilibrio y movimiento de fluidos perfectos.

Cinemática de fluidos.

Ecuaciones generales del movimiento.

Variables de Lagrange.

Variables de Euler.

Ecuaciones conservativas.

Movimiento permanente.

Función de corriente de Newmann.

Circulación.

Viscosidad.
Ecuaciones de movimiento de un fluido viscoso.
Cálculo de la resistencia.

Cuaderno 5.

Funciones armónicas.
Funciones armónicas esféricas.
Teorema de formación de funciones esféricas armónicas.
Coordenadas curvilíneas.
Armónicos esféricos de superficie.
Polinomios de Legendre.
Polinomios esféricos.
Funciones esféricas fundamentales.
Disipación de la energía.
Homoide.
Potencial de un homoide sobre un punto exterior.
Mecánica estadística.
Ecuación general de continuidad.
Equipartición de la energía.
Stokes en curvilíneas.
Ondas planas.

Cuaderno 6.

Principio de la equivalencia.
El segundo principio. Significado y formas.
Entropía: su significado.
Temperatura absoluta.
Funciones características.
1ª y 2ª proposición de Gibbs.
Regla de las fases.
Calores específicos.
Membrana circular.
Aplicación de la función de Green.
Método de las imágenes.
Movimiento de un sólido en un líquido.
Resolución de la ecuación del telegrafista.
Funciones conjugadas.
Resolución de algunos problemas de distribuciones por armónicas esféricas.
Ley de Stephan-Boltzmann.
Cinemáticas de Einstein: cálculo de velocidades.
Aplicación del principio de relatividad a la óptica y electromagnetismo.
Interpretación de Minskowski de las ecuaciones de transformación de Lorentz-Einstein.

Cuaderno 7.

La corriente eléctrica.

Las ecuaciones generales del movimiento de un electrón.

Casos particulares.

Movimiento de un electrón en un campo eléctrico constante.

Movimiento de un electrón en un campo magnético constante.

Movimiento de un electrón en un campo eléctrico y magnético simultáneos, constantes y uniformes.

Movimientos propios de un electrón.

Propagación de una perturbación electromagnética a través de un medio isótropo cualquiera.

Dispersión.

Dispersión en los metales.

Dispersión en los dieléctricos.

Dispersión normal.

Dispersión anómala.

Medios isótropos disimétricos.

Dispersión rotatoria.

Teoría de la absorción en los cristales.

Rotación magnética.

Fenómeno Zeeman (Voigt)

Cuaderno 8.

Teoría de Hertz.

Energía.

Teorema de Poynting.

Dieléctricos.

Conductores o semiconductores.

Ecuaciones universales [ec. de Maxwell].

Campo de un electrón en reposo.

Campo de un electrón en movimiento (uniforme).

Movimiento propio de un electrón.

Cuerpos en movimiento. Teoría de Hertz.

Hipótesis de Lorentz.

Movimiento del electrón en un campo eléctrico uniforme.

Movimiento del electrón en un campo magnético uniforme.

Movimiento del electrón en un campo eléctrico y magnético simultáneos y uniformes.

Aplicación del potencial retardado.

Cantidad de movimiento electromagnético.

Electrón esférico.

Masa electromagnética del electrón (Abraham).

Teoría de Lorentz.

Conductores.

Imanes.

Cuaderno 9.

Ecuaciones de Maxwell.

“Corrientes de Desplazamientos en el vacío (en el éter libre)
Cuando el campo eléctrico varía en un medio, se producen en este corrientes de Desplazamiento, que Maxwell define como proporcionales a la variación del campo en la unidad de tiempo en cada punto; las considera como una deformación del fluido eléctrico, análoga a las deformaciones elásticas de un sólido.”

Ecuaciones en un dieléctrico isótropo.

Propagación de una onda.

Energía radiante. Teorema de Poynting.

Presión de la radiación.

Absorción de la luz.

Absorción y dispersión anómala.

Dispersión en los metales.

Reflexión metálica-Luz elíptica.

Pleicroísmo.

Fórmula general de difracción.

Rotación natural.

Rotación natural de los cristales.

Dispersión Rotatoria.

Presión de la radiación.

Ley de Stefan. Demostración de Planck

Demostración de Wien.

Ley del desplazamiento de Wien.

Cuaderno 10.

Dinámica.

Método de los multiplicadores de Lagrange.

Dinámica analítica.

Sistemas holónomos.

Principio de Hamilton.

Ecuaciones canónicas.

Teorema de Poisson.

Teorema de Jacobi.

Teorema de Liouville.

Teoría de los multiplicadores.

Aplicación a las ecuaciones canónicas.

Invariantes integrales.

Principio de la menor acción.

Ecuación de Lagrange
 Aplicaciones. Ejemplos.
 Péndulo.
 Péndulo esférico.
 Rodadura en plano inclinado.

Cuaderno 11.

Cálculo vectorial.
 Operadores integrales.
 Funciones esféricas.
 Coordenadas elípticas.
 Teorema de Fourier.
 Ecuación de propagación de una deformación.
 Propagación del calor.
 Movimientos vibratorios en medios elásticos isótropos.
 Ecuación general de movimiento de fluidos.

Cuaderno 12.

Densidad de la energía de radiación del cuerpo negro.
 Teorema de la equipartición
 Jeans.
 Función Gamma.
 Relación entre la energía y la temperatura absoluta.
 El segundo principio de la termodinámica.
 Hipótesis de los quanta de acción.
 Oscilador lineal.
 Sistemas de osciladores lineales. Radiación. Ley de Planck
 Ecuación de Bessel.
 Probabilidad máxima.
 Funciones y ecuaciones de Heine.
 Valores probables de una magnitud
 Geometría en m dimensiones.
 Teoría de los magnetones en relación con la teoría de los quanta de acción.
 Probabilidad.
 Teorema de las probabilidades compuestas.
 Probabilidad de una partición o distribución.
 Distribución o partición más probable.
 Aplicaciones al estudio de los gases.
 Ley de Maxwell. Repartición de velocidades.
 Energía potencial de un campo discontinuo.
 Teorema de Gauss.
 Energía total.
 La energía del campo.
 Tensión en el éter.
 Explicación física del estado de tensión en el éter.

Fuerzas mecánicas en el campo de un dieléctrico.
 Probabilidad.
 Fórmula de Stirling.

Cuaderno 13.

Entropía y energía interna de un líquido perfecto.
 Conductibilidad del calor.
 La temperatura.
 Flujo calorífico.
 Corriente calorífica.
 Problema general en medio indefinido.
 Reducción del problema general de régimen variable a otros más sencillos.
 Problemas particulares.
 Integral de Fourier.
 Conductibilidad lineal. Otras integrales particulares.
 La teoría de focos y dobletes.
 La conducción eléctrica.
 Problemas particulares.
 La conducción en los dieléctricos.

Cuaderno 14.

Al final aparece esta referencia: "Borel. Introduction geometrique a quelques theories physiques."

Electrónica.
 Disoluciones.
 Conductibilidad eléctrica de una disolución.
 Número de Miltarf
 Las ecuaciones del campo en un medio transparente.
 Teoría electromagnética de la luz.
 Reflexión y refracción.
 Ley de Descartes.
 Fórmulas de Fresnel.
 Ley de Brewster.
 Reflexión total.
 Resumen de óptica cristalina.
 Cuerpos anisótropos.
 Teoría de Fresnel.
 Ovaloide de las velocidades (condición de Fresnel)
 Rayo luminoso.
 Superficie de onda.
 Ecuación de la superficie de onda.
 Polarización cromática.
 Ecuaciones del movimiento de un ión.
 Constantes de los electrones deducidas de la dispersión (Drude).
 Teoría de la dispersión de Planck.

Cuaderno 15.

Al final hay una nota sobre “Pireliómetro Amgstron” e “investigaciones a realizar”

Funciones normales y ortonormales.

Ecuación de Fredholm.

Solución de la ecuación de Fredholm.

Ecuación integral de Volterra.

Solución de la ecuación de Fredholm por el método de Fredholm.

Ecuaciones integrales homogéneas. Soluciones posibles.

Ecuaciones integrales de núcleo simétrico.

Función Γ . Integral euleriana de 2ª especie.

Función $B(p,q)$. Integral euleriana de 1ª especie.

Volumen de la esfera en el espacio de n dimensiones.

Área de la esfera en el espacio de n dimensiones.

Área de la zona esférica en el espacio de n dimensiones.

Ley de repartición de las velocidades (Maxwel [sic]) como problema geométrico de probabilidad.

La (equi)partición de la energía como problema geométrico de probabilidad.

Ley de distribución en el espacio generalizado. Distribución de coordenadas.

La temperatura absoluta y la entropía como problema de probabilidad.

Las ecuaciones de Lagrange para sistemas disipativos.

Estudio general de los desplazamientos en un medio elástico.

Triplas tensiones en un medio elástico.

Modos normales de vibración de una cavidad rectangular.

Expresar las tensiones en función de las deformaciones para un medio isótropo.

Las ecuaciones generales diferenciales del problema elástico.

Ondas.

La Laplaciana en coordenadas curvilíneas.

La ecuación de continuidad para un fluido perfecto (Euler y Lagrange).

Las ecuaciones de movimiento de un fluido perfecto para el caso de existir un potencial de velocidades. Introducción del potencial de aceleraciones.

Las ecuaciones del movimiento en función del vector torbellino.

Ecuaciones generales del movimiento de un fluido perfecto en coordenadas curvilíneas.

Reflexión y refracción de ondas elásticas.

Teorema de Helmholtz sobre la circulación en un fluido perfecto. Consecuencias.

Funciones esféricas sólidas.

Funciones esféricas de superficie (Laplace).

Ley general de formación de funciones esféricas de diversos órdenes.

Polinomios esféricos. Polinomios de Legendre.

Expresiones diferenciales que definen las funciones esféricas primitivas y su ley de formación.

Las ecuaciones de Laplace en coordenadas cilíndricas.

Distribución de la energía en un medio continuo. Fórmula de Lord Rayleigh.

Función de Green.

Las ecuaciones generales diferenciales de la electricidad.

Ecuaciones diferenciales que determinan los vectores E y H .
 Las ecuaciones del campo según la naturaleza del medio.
 Problemas de integración que aparecen.
 Expresión de las ecuaciones por los potenciales.
 Potenciales retardados.
 Pireliómetro [sic] Amgstrón [sic].

Al final del cuaderno podemos leer:

Investigaciones, a realizar.
 Espectro de la Nova Aquilae
 Temperatura y magnitud en las novas
 Estrellas de Wolf-Rayet
 Representación matemática de la ley de variación de magnitud de las novas
 Estudio teórico de las curvas barográficas y predicción del tiempo.
 Densidad y temperatura del H en las protuberancias.
 Aplicación de anchura a pesos atómicos metales, señalando rayas de distintas series o carácter.
 Velocidad de la luz
 Eclipse 1914
 El ennegrecimiento de las impresiones fotográficas por discontinuidad ¿Hay persistencia?

La ecuación de van der Waals en las libretas de Carrasco

Van der Waals (1873) dedujo a partir de consideraciones microscópicas una ecuación de estado para gases reales que hoy en día es conocida por cualquier estudiante de Ciencias, aunque éste no sería su único descubrimiento importante.

Johannes Diderik van der Waals nació en la ciudad de Leiden (Países Bajos) el 23 de Noviembre de 1837. Muy poco se conoce de la situación económica de la familia. Lo cierto es que van der Waals no recibió una educación para estudiar en la universidad y se colocó como maestro en la escuela primaria. De todas maneras, empezó a estudiar física y matemáticas en la Universidad de Leiden durante los años 1862-65, aunque no podía obtener títulos oficiales porque desconocía el latín y el griego, requisitos indispensables en aquella época en la Universidad (Brush 1986).

En 1864, consiguió un puesto de trabajo como profesor en la escuela secundaria en la ciudad de Deventer. Ese año se casó con Anna Magdalena Smit. Tuvo cuatro hijas y un hijo, aunque su mujer murió joven. Durante estos años cambia la legislación universitaria y se exige a van der Waals del conocimiento de las lenguas clásicas. Así, en 1873 termina su tesis doctoral, con treinta y cinco años, y recibe el 14 de junio el grado de Doctor en la Universidad de Leiden. La tesis se publica en holandés y James Clerk Maxwell hace de ella un artículo muy entusiasta en la revista *Nature* en 1874.

Más tarde, conseguiría una plaza como profesor de física en la nueva Universidad de Amsterdam. Permanecería en este centro durante toda su vida profesional. Se retiró en 1908 y fue sucedido por su hijo. Durante los primeros años allí también se encontraban otros científicos de renombre internacional como J. H. van't Hoff y Hugo de Vries. En este centro, van der Waals se encargó durante mucho tiempo no sólo de enseñar física matemática a estudiantes de física y química, sino también física experimental a estudiantes de medicina y filosofía, además de ser el profesor de laboratorio. Pese a tanto trabajo, siguió extendiendo sus teorías y publicando trabajos. Aparte de su famosa ecuación para gases reales, recordemos la importancia del Principio de los Estados Correspondientes o sus teorías sobre la ecuación de estado de mezclas y sobre capilaridad. Además, ejercería una enorme influencia en muchos físicos holandeses durante el período 1870-1915. Murió en Amsterdam el 8 de marzo de 1923.

En su tesis de doctorado, titulada *Sobre la continuidad de los estados líquido y gaseoso*, propuso una ecuación de estado para gases reales que, incluso, puede aplicarse a líquidos:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT.$$

En esta ecuación, p es la presión, v el volumen molar, a y b son magnitudes molares empíricas propias de cada gas, R la constante de los gases y T la temperatura absoluta. a/v^2 representa la corrección debida a la presión interna del gas (fuerzas atractivas). La magnitud b recibe el nombre de covolumen. Se trata de la corrección del volumen del gas debido al volumen ocupado por las moléculas (fuerzas repulsivas). Van der Waals demostró que esta cantidad era, en primera aproximación, igual al cuádruplo del volumen de las moléculas.

La primera referencia que tenemos de van der Waals en España se debe a Echegaray en su contestación al discurso de recepción en la Academia de Ciencias de Rodríguez Carracido (1888). Sobre su ecuación se ocupan diversos autores, como González Martí (1904), Terradas (1911), Castelfranchi (1932), Navasa y Ruiz (1945) –cometiendo un error respecto al covolumen– y autores más modernos como Palacios (1958) y Claver Salas (1953).

El texto de González Martí (1904) es el primero de los consultados en el que aparece la ecuación de van der Waals. Al final del párrafo nº 419, titulado “Ecuación de los gases perfectos”, aparece la ecuación con la forma

$$\left(P' + \frac{a}{V_t^2}\right)(V_t - b) = \left(P + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b)(1 + \alpha t),$$

donde α es el coeficiente de dilatación de los gases y t la temperatura en escala centígrada. Además, González Martí añade: “ a representa la atracción mutua de las

moléculas, y b el *co-volumen*, ó sea el cuádruplo del volumen total é invariable de las mismas”.

Una de las publicaciones de E. Terradas donde se plasman sus conocimientos de la teoría cinética de los gases y la mecánica estadística es su trabajo sobre la constante de Avogadro (Terradas 1911). En él se presentan varias evaluaciones de dicha constante. La primera parte la constituyen los métodos estadísticos, que se fundan en: (a) la teoría cinética de los gases y la ley de estado (Clausius, Maxwell y van der Waals); (b) el teorema de equidistribución de la energía y la ley de Stokes sobre el movimiento de una esfera sólida en un líquido viscoso, aplicados al movimiento browniano en un líquido (Einstein y Perrin); (c) las teorías de la radiación de energía (Lorentz y Planck). Algunas de las materias tratadas en este texto fueron divulgadas casi por primera vez en España. Por ejemplo, Terradas dedicó 10 páginas a la deducción de las expresiones necesarias, teniendo como base la teoría cinética de los gases según Boltzmann. Resumió de nuevo los fundamentos de la mecánica estadística y expuso la teoría de Einstein sobre el movimiento browniano, citando las experiencias de Perrin.

La obra de Castelfranchi (1932) está dedicada a la física moderna. Contiene un capítulo dedicado a la teoría cinética de los gases. En éste aparece la ecuación de van der Waals con detalle: se deduce la ecuación, se calcula el covolumen, se dan coeficientes experimentales de a y b , se calculan valores críticos,...

En el *Tratado de Física General* de Enrique Navasa Pérez, Teniente Coronel del Ejército del Aire, y Emilio Ruiz de Clavijo, Teniente de ingenieros y licenciado en Ciencias, la ecuación de van der Waals se estudia en las páginas 114 y 115. Su deducción cualitativa tiene un importante error. Podemos leer en la corrección del volumen:

“..., el volumen disponible para el movimiento de las moléculas de un gas real es igual al volumen del recipiente, que es el que medimos, menos el volumen de las moléculas (covolumen); llamando a éste b la ecuación de los gases perfectos se nos transforma en ...” (Navasa y Ruiz 1945, 114)

Así, los autores parecen desconocer el importante resultado que obtuvo van der Waals (1873) de que el covolumen es cuatro veces el volumen de las moléculas y no el volumen de éstas como ya había propuesto Daniel Bernoulli en su *Hydrodynamica* (1738).

También podemos encontrar la ecuación de van der Waals en la obra *Elementos de Física General* de Pedro Carrasco (1925b). Allí podemos leer:

“... obedecen mejor la ley de los gases reales de van der Waals

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = NR(1 + \alpha t)$$

donde a , b , N , R y α son constantes,... b covolumen es el cuádruplo del volumen, no del recinto sino de las moléculas mismas.” (Carrasco 1925b, 178)

Sin embargo, las libretas manuscritas e inéditas de Pedro Carrasco contienen una exposición detallada sobre las ideas de van der Waals.

En dos libretas hemos encontrado deducciones de la ecuación de van der Waals. La primera nota que hemos encontrado ocupa seis páginas. Comienza estableciendo las hipótesis en las que se basa la deducción de van der Waals.

“Teoría de Van der Waals.

Hipótesis: 1.º El volumen que ocupan las moléculas no es despreciable junto al V total. 2.º Además de las reacciones elásticas durante el choque, existen fuerzas de atracción entre las moléculas que son función de su distancia.

Pudieran conciliarse ambas fuerzas admitiendo una atractiva débil a grandes distancias y otra repulsiva que crece más rápidamente al aproximarse ($1/r^5$?).

La teoría es aplicable no sólo a gas, sino también a líquidos, a sustancias.

La fuerza atractiva es la fuerza de cohesión de van der Waals.

Al llegar las moléculas a la superficie límite (pared), además del choque, es rechazada por la atracción de las otras hacia el interior y la presión total

$$p_g = p + p_i$$

p presión externa o de la pared y p_i presión interna o de las otras moléculas. Si sobre una superficie Ω :

$$p_g \Omega = \Omega(p + p_i)''$$

Después, evalúa el número de choques contra la pared y la presión total. Obtiene

$$\begin{aligned} p_g &= \int_{c=0}^{\infty} \int_{\varepsilon=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi/2} \frac{mn}{2\pi(V-B)} c^2 \varphi(c) dc \cos^2 \theta \sin \theta d\theta d\varepsilon \\ &= \frac{mn}{V-B} \int_{c=0}^{\infty} c^2 \varphi(c) dc \int_{\theta=0}^{\pi/2} \cos^2 \theta \sin \theta d\theta \\ &= \frac{mn}{3(V-B)} \int_{c=0}^{\infty} c^2 \varphi(c) dc = \frac{mn}{3(V-B)} \overline{c^2} \end{aligned}$$

Siendo $\overline{c^2}$ el cuadrado medio de la velocidad.

Si se suprimiera la fuerza de cohesión entonces $B=0$ se desprecia y queda

$$p_g = p = \frac{1}{3} \frac{M}{V} \overline{c^2} = \frac{1}{3} \rho \overline{c^2}$$

como sabíamos pero, considerándola

$$p_g = p + p_i = \frac{nm}{3(V-B)} \overline{c^2}."$$

Pedro Carrasco calcula la presión "interior" y, sustituyendo en la última expresión, obtiene la ecuación de van der Waals:

"Sustituyendo en p_g

$$p + a\rho^2 = \frac{nm}{3(V-B)} \overline{c^2}$$

pero $nm=M=\rho V$, el volumen específico es $v=V/nm$ luego $\rho=1/v$ y escribimos

$$p + \frac{a}{v^2} = \frac{\overline{c^2}}{3\left(v - \frac{B}{mn}\right)} = \frac{\overline{c^2}}{3(v-b)}$$

$$\text{siendo } b = \frac{B}{mn} = \frac{2\pi m \sigma^3}{3} : mn = \frac{2\pi \sigma^3}{3m}$$

esta cantidad b es constante para un gas y vale $\frac{2\pi m \sigma^3}{3} : M$ por unidad de masa, la mitad de las esferas de protección ó cuatro veces el volumen de las moléculas

Ecuación de Van der Waals

Tomemos como termómetro el gas normal (H) y midamos T por la presión a volumen constante.

$$p = \frac{1}{3} NM \overline{C^2} \quad ; \quad \overline{C^2} = 3RT \quad ; \quad p = NMRT$$

Por otra parte cuando un gas marca la temperatura T (equilibrio de T en el normal)

$$m \overline{c^2} = M \overline{C^2} = 3RMT$$

Llamando a $m/M=\mu$ masa molecular ó a $R/\mu=r$ constante del gas considerando

$$\overline{c^2} = 3R \frac{M}{m} T = \frac{3R}{\mu} T = 3rT$$

y aplicando la fórmula de la presión

$$p + \frac{a}{v^2} = \frac{\overline{c^2}}{3(v-b)} = \frac{rT}{v-b} = \frac{RT}{\mu(v-b)}$$

que es la fórmula de Van der Waals

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = \frac{R}{\mu} T = rT$$

Para el H, diatómico, $\mu=2$, $r_H=1/2 R$ y se define R como el doble de la constante gaseosa del hidrógeno ordinario (es la de un H cuyas moléculas estuvieran disociadas)."

La segunda deducción de la ecuación de van der Waals que hemos encontrado en las libretas de Pedro Carrasco es mucho más breve e intuitiva. Pedro Carrasco escribe:

"Van-der-Waals consigue la ecuación de gases ideales o perfectos $p v = R N T$
 1º corrigiendo v por tamaño de moléculas.
 2º p por la influencia de las fuerzas de cohesión."

Efectivamente, primero se corrige el término del volumen excluyendo correctamente el covolumen y después se corrige el término de la presión mediante un ya típico razonamiento cualitativo.

Apéndice C. Documentos referentes a las ideas de Pedro Carrasco sobre el éter.

Hemos seleccionado para este apéndice dos obras de gran interés para conocer las ideas que Carrasco tenía sobre el éter. El primer documento consiste en la transcripción de la tesis doctoral de Pedro Carrasco en la que utiliza el modelo de éter mecánico de Mac-Cullaghs. El segundo documento consiste en la reproducción del texto publicado de la conferencia que dictó Carrasco en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid el 14 de mayo de 1926. Carrasco expone a los estudiantes en esta conferencia las ecuaciones de Maxwell y les da una explicación física.

FACULTAD DE CIENCIAS.- SECCIÓN DE FÍSICAS
TESIS DOCTORAL

DISPERSIÓN ROTATORIA

Estudio del poder rotatorio considerado como función
de la longitud de onda

POR

PEDRO CARRASCO GARRORENA

MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE JAIME RATÉS

Plaza de San Javier, núm. 6.

1906

La presente memoria fué examinada y juzgada el día 9 de Octubre de 1905, por un Tribunal formado por los señores:

Dr. D. Bartolomé Feliú	Presidente.
Dr. D. Eduardo Lozano	Vocal.
Dr. D. Ignacio G. Martí	Vocal.
Dr. D. Blas Cabrera	Vocal.
Dr. D. Antonio Vela	Secretario.

A la Excelentísima Diputación Provincial de Badajoz como prueba de agradecimiento á su honrosa protección.

DISPERSION ROTATORIA

I

Pocos fenómenos se presentan en la Naturaleza tan admirables y misteriosos á primera vista como los que la luz origina. Todos hemos tenido en la mano un cristal de espato, y viéndolo diáfano, ¿cómo sospechar que estuviera constituido para la luz por un doble sistema de direcciones de la fuerza elástica cruzadas perpendicularmente, cual un verdadero sistema de carriles en los cuales hubiera de oscilar necesariamente la molécula etérea? Y sin embargo, los fenómenos de polarización por doble refracción así se explican: cuando la luz natural llega á un cuerpo birrefringente, la molécula de éter, que efectuaba sus vibraciones en el plano normal al del rayo y en todas direcciones, no pudiendo oscilar sino dentro de dos planos perpendiculares, la sección principal y el perpendicular á ella, se distribuye en éstos por igual y origina dos rayos *polarizados*, ordinario y extraordinario. Para convencernos de lo dicho hagamos que la luz atraviese un nicol polarizador, donde se distribuyen las vibraciones según indicamos, eliminándose además uno de los rayos mediante una reflexión total, y examinemos la luz así polarizada á través de otro nicol analizador; si las dos secciones principales coinciden, no se percibirá alteración alguna; cosa lógica puesto que las moléculas etéreas siguen vibrando en el mismo plano; pero si giramos el analizador, la intensidad luminosa comienza á disminuir y acaba por anularse cuando las secciones principales están cruzadas. Nada más lógico puesto que la vibración, que en el primer caso se propagaba íntegra, había de quedar reducida á su componente, en la última disposición nula.

Intercalemos un cuarzo, tallado normalmente al eje, entre analizador y polarizador, y la luz, que suponíamos extinguida, reaparece, presentando colocaciones variables, ó la suya si fuese monocromático el foco luminoso utilizado. Biot, estudiando este fenómeno descubierto por Arago, supone que el plano de polarización ha girado al atravesar el cuarzo, y que este giro varía con la radiación.

Como resumen de sus investigaciones experimentales establece que el giro es proporcional al espesor del cuarzo, y enuncia su ley empírica: *El poder rotatorio varía APROXIMADAMENTE en razón inversa del cuadrado de la longitud de onda*. El estudio teórico y experimental de esta ley es el objeto de la presente Memoria.

II

Para hacer su estudio podemos colocarnos bajo dos puntos de vista: uno experimental que, partiendo de los datos de observación, nos condujera á una fórmula empírica que nos diera el poder rotatorio correspondiente á una radiación cualquiera; otro teórico que, tomando por bases las distintas teorías que para la explicación de este fenómeno se han emitido, nos llevara á una expresión

matemática en la que apareciera el poder rotatorio como función de una variable única, la longitud de onda.

Planteada así ya la cuestión, pasemos á examinarla según estos dos procesos distintos.

Biot, al enunciar su ley, tomó como punto de partida las observaciones por él realizadas, y que citamos sólo por su importancia histórica.

COLORES	Longitudes de onda.	Poderes rotatorios
Rojo extremo	645	17° 29' 47''
Límite del rojo y del anaranjado	596	20 28' 47
Idem del anaranjado y del amarillo	571	22 18' 49
Amarillo medio	550	24 0' 0
Límite del amarillo y del verde	532	25 40' 31
Idem del verde y del azul	492	30 2' 45
Idem del azul y del índigo	459	34 34' 18
Idem del índigo y del violado	439	37 51' 58
Violado externo	406	44 4' 58

Estas observaciones tienen un escaso valor: en primer lugar por la indeterminación de las radiaciones utilizadas para la experimentación, y en segundo por seguir siempre el mismo procedimiento, lo que podía acarrear fácilmente algún error sistemático. Baste tener en cuenta que no siendo aún conocidas las rayas de Fraunhofer, no podía tomar en sus primeros trabajos una radiación determinada, y sí sólo regiones del espectro, faltando, pues, la precisión en el dato más esencial; por otra parte, el procedimiento empleado, reducido á descomponer la luz por un prisma. á observar una región polarizada y extinguida, y á interponer una lámina de cuarzo entre el polarizador y el analizador, y hacer guiar éste hasta conseguir de nuevo la extinción, fué siempre el mismo á pesar de haber empleado más tarde las rayas espectrales; y si bien utilizó la extinción de dichas rayas, lo que ya afinaba sus primeras determinaciones, no introdujo cambio alguno en la disposición y método, lo que impide la confrontación de los resultados. Y permitiría, como dijimos, la repetición de errores sistemáticos, debidos al método.

Además resultaba poco práctico por las dificultades de aislar una región determinada del espectro, que en sus últimas experiencias era aquella en que se hallaba la raya cuya extinción medía.

El estudio de los espectros de bandas condujo á los físicos Fizeau y Foucault á idear un método sumamente práctico, base de las medidas realizadas con posterioridad. El fundamento no puede ser más sencillo: Si la luz polarizada se observa con un analizador que tenga su sección principal paralela al plano de polarización de los rayos, éstos quedarán extinguidos y nada veremos; y aunque interpusiéramos un espectroscopio de visión directa, todo el espectro quedaría extinguido, pues todas las radiaciones tienen igual plano de polarización; pero si la luz polarizada atraviesa un cristal de cuarzo en la dirección del eje, el plano de polarización experimenta un giro, y este giro es variable de una á otra radiación de una manera continua; por consiguiente, habrá radiación que, por salir polarizada

paralelamente á la sección principal del analizador, quedará extinguida y no aparecerá en el espectro, mientras que las inmediatas, inclinadas cada vez más en uno y otro sentido, van apareciendo con intensidad creciente; en resumen, que el espectro se verá surcado por bandas oscuras, cuyas líneas medianas corresponderán á las radiaciones anuladas. Claro que, según varíe el arco de dispersión por el espesor de la lámina, aparecerán una ó más bandas oscuras, que al aumentar en número se estrecharán, facilitando el establecer mejor la máxima anulación de una raya, cual hizo M. Broch, ó mejor la coincidencia de su centro con el hilo vertical del retículo, puesto antes sobre la raya del espectro, cual lo realizara M. Wiedemann, consiguiendo más precisión en los resultados. Pero si bien las bandas al estrecharse favorecen una ú otra coincidencia de las indicadas, en cambio, aumentando su número, disminuye la distancia de una á otra, y para igual giro del analizador el movimiento de la banda es menor, por lo que aumenta la incertidumbre al determinar la posición del analizador que extingue la raya que se estudia.

El examen para diversos espesores de una y otra circunstancia nos indicará qué espesor es el más conveniente para el experimento.

Broch y Wiedemann utilizaron, como acabamos de indicar, la idea de Fizeau y Foucault, y realizaron determinaciones sumamente precisas del poder rotatorio correspondiente á diversas rayas espectrales. El primero de estos físicos recibía los rayos solares á través de una ventana sumamente estrecha, lineal, tras de la cual un nicol producía la polarización de la luz; un cuarzo originaba la dispersión rotatoria y otro nicol servía de analizador; pero en vez de examinar en esta disposición la rendija, que hubiera aparecido diversamente colorada según el giro del analizador, se recibía el rayo luminoso, que había atravesado este verdadero polarímetro, en un prisma cuyo espectro, que se mostraba surcado de bandas, examinaron con un anteojo de Galileo.

El método de Wiedemann no difería esencialmente del de Broch; tan sólo para mayor exactitud utilizaba para el examen del espectro un anteojo astronómico, provisto de hilo reticular, el cual llevaba sobre la raya espectral objeto de estudio.

Soret y Sarasin hicieron gran número de observaciones, basadas en el mismo procedimiento, aunque adoptando distintas disposiciones en la parte instrumental. Una de éstas consiste en sustituir el analizador en la disposición de Broch, por un prisma de espato que al mismo tiempo que originaba el espectro, servía de analizador. La observación la realizaban con un anteojo, y medían el poder rotatorio por el giro del polarizador.

Dicho se está que en todos estos métodos es indispensable el perfecto paralelismo de la rendija lineal con la arista del prisma.

El mismo Soret utilizó, en la disposición indicada, en vez del espectro solar, el de chispas de diversas sales producido por la corriente de un carrete de Ruhmkorff, midiendo el poder rotatorio de cada raya por el giro necesario del polarizador para extinguirla por completo.

La falta de material adecuado me obligó á buscar un medio para poder determinar poderes rotatorios, cosa nada difícil si hubiese dispuesto de un buen banco de óptica, pero que me exigió no pocos tanteos para salvar los muchos obstáculos experimentales que aparecían al tratar de disponer, con piezas de unos y otros aparatos, uno que me diera resultado fácil y preciso. El método que desde luego creí más fácil y seguro fué el mismo que á los físicos citados y á otros muchos

ha servido de norma, la observación del espectro de bandas, para lo que adopté la siguiente disposición experimental: Un nicol polarizaba la luz que atravesaba un cuarzo en la dirección del eje, é iba á iluminar la ventana de un espectroscopio horizontal Dubose de dos prismas. En el anteojo de éste y delante del ocular situaba un cristal de espato, que producía dos imágenes del espectro, correspondientes á los rayos ordinario y extraordinario. Era tal la colocación del espato, que las imágenes ordinaria y extraordinaria se formaban sobre la misma vertical y á continuación una de otra; esto me permitía, al producir la anulación de una raya en una de las imágenes, que la otra, alcanzando, por el contrario, su máxima intensidad, me sirviera de referencia, permitiendo precisar con más exactitud la completa extinción de dicha raya.

En esta disposición ensayé dos procedimientos, utilizando los espectros de diversas sales ó el espectro solar.

Quitando el cuarzo, colocaba el nicol analizador, montado sobre un círculo graduado, en la posición de extinción de una de las imágenes, y hacía esta lectura con la mayor precisión posible. Después intercalaba la lámina de cuarzo, de tal modo que la luz incidiese normalmente, y hacía girar el analizador hasta reproducir el anulamiento de la raya, y el giro efectuado, diferencia de las dos lecturas, dividido por el espesor de la lámina, me daba el poder rotatorio de dicha radiación.

Esto suponía varias precauciones: La colocación de la ventana lineal paralela á la arista del prisma, conseguida con el reglaje preliminar del espectroscopio, puesto que utilizaba el colimador de éste. La lámina de cuarzo la colocaba perfectamente vertical y como los rayos luminosos eran horizontales, la luz incidía normalmente; esta verticalidad la lograba por la reflexión de un rayo luminoso horizontal.

La primera observación, medida del poder rotatorio para la raya D_2 del sodio, me servía de base para las demás, refiriendo á ella el giro en vez de á la extinción sin cuarzo, lo que simplificaba la manipulación, que me evitaba el desmontar éste en cada serie de observaciones. Y no necesitaba variar para nada la disposición y sí tan sólo los focos de luz; es decir, producir espectros de sales distintas.

En las primeras medidas encontré cierto aumento en el valor de la rotación correspondiente á las rayas de la región más refrangible, sobre las que observaciones de eminentes físicos me hacían presuponer. Observando todo el espectro solar para tratar de buscar la causa de error, vi que la posición del máximo de intensidad en el espectro hace difícil apreciar el verdadero centro de las bandas, induciendo á tomar valores mayores en la rotación para la región menos refrangible, por parecer que el centro de la banda se corre hacia el violeta. Pero observé que al aumentar la anchura de la ventana, las franjas oscuras parecían estrecharse, cual si se concentrasen al iluminar más intensamente el espectro, lo que utilicé consiguiendo así mayor precisión; y como el error subsistiese, aunque en menor grado, recurrí á aumentar la intensidad del foco y á concentrar sus rayos.

Esto último había hecho Gernez, colocando ante la ventana una lente cilíndrica; disposición que imité en mis observaciones con el espectro solar. Mas para los espectros de los metales se aconseja principalmente el aumentar su intensidad utilizando el espectro del arco eléctrico, cuyos polos se forman con barras del metal.

Mascart¹ ha seguido este método para las rayas del sodio y las verdes del talio, y afirma que si la dispersión es bastante grande, es tan delicado el procedimiento, que se pueden extinguir sucesivamente las tres rayas del magnesio del grupo *b* del espectro solar.

Fácilmente se comprende que al efectuar observaciones de rayas, la anchura de la ventana, que favorece la intensidad del espectro, disminuye la precisión por reducir á una las rayas próximas; por lo cual debe desecharse tal recurso, y sí concentrar la luz en la ventana todo lo posible.

Pero no eran determinaciones aisladas nuestra finalidad, sino el buscar el medio más rápido de estudiar la dispersión rotatoria, y para ello ideamos introducir la siguiente variación en el método:

Así como la curva de un espectroscopio nos da la longitud de onda de una radiación cualquiera del espectro solar, con sólo conocer su posición referida al micrómetro, también una gráfica pudiera, con idéntica aproximación, darnos el poder rotatorio correspondiente á cualquier raya del espectro. Claro está que si construimos una gráfica por puntos, tomando como abscisas las λ y como ordenadas los poderes rotatorios, podremos conocer el poder rotatorio de una radiación; teniendo siempre presente que la gráfica variará con la substancia, pues varía la dispersión rotatoria.

Como esto supone para cada substancia la determinación de poderes rotatorios de distintas rayas, lo que exigiría ó la producción de varios espectros de metales, cosa larga y engorrosa, ó la observación de la franja en el espectro solar, y en este caso habríamos de recurrir á la curva espectroscópica para conocer la λ correspondiente; por esta última circunstancia, teniendo construída de una vez para siempre la curva del espectroscopio, era más rápido y práctico construir la gráfica de los poderes rotatorios, tomando como abscisas de referencia las divisiones del micrómetro. Esto es lo que hemos hecho para el cuarzo siguiendo la disposición experimental antes indicada, y utilizando como foco la luz solar mandada por un helióstato ó la de un arco eléctrico, concentrada esta luz en la ventana del colimador, después de haber atravesado un polarizador y un cuarzo tallado normalmente al eje. Según anteriormente indicamos, en el campo del antejojo del espectroscopio Dubose teníamos superpuestos el espectro de bandas y el micrómetro, que colocaba de modo que la división 80 coincidiera con la raya D del sodio, precisamente la coincidencia que había servido de punto de partida para construir la curva del aparato. Como las observaciones acabadas y discutidas de ilustres físicos me daban el poder rotatorio de dicha raya, bastaba medir los giros del polarizador necesarios para llevar el centro de la banda desde la división 80 del micrómetro á cualquier otra correspondiente á la longitud de onda cuyo poder rotatorio quisiéramos medir. Leída, pues, la posición del polarizador en la primera coincidencia, todo se reducía á colocar el hilo vertical sobre la división deseada del micrómetro y llevar la banda á ser seccionada por dicho hilo.

No pudiendo disponer de un buen círculo graduado, eran de temer en las determinaciones la existencia de errores de graduación, escasa apreciación del círculo, y si la instalación de éste no era sólida, cual á nosotros nos sucedía, al efectuar las diversas lecturas podía fácilmente perder la primitiva posición;

¹ *Ann. de l'Ecole Normale Supérieur*, cap. I, pág. 196.

pequeños detalles que llevarían seguramente algún error á los resultados. Esto me hizo pensar en reducir las manipulaciones todo lo posible, buscando la brevedad, y tratando siempre que fuera posible de sustituir medidas repetidas por cálculos matemáticos que derivasen de una sola lectura.

Así lo conseguí fundándome en un razonamiento sumamente sencillo: Si una lámina de cuarzo de espesor e produce un espectro acanalado, y f es la rotación correspondiente al centro de una franja oscura, la radiación perteneciente al centro de la franja inmediata habrá sufrido al atravesar el cuarzo una rotación 180° mayor ó menor que la primera; luego dividiendo 180 por e , tendré la diferencia de los poderes rotatorios correspondientes á dos radiaciones consecutivas situadas en el centro de las franjas oscuras. Es decir, que conocida la rotación de una de estas radiaciones, cosa siempre posible por determinaciones directas más sencillas, una simple operación aritmética me da las rotaciones de otras varias radiaciones, centro de otras tantas bandas.

Traduciendo en hechos este razonamiento, llevamos, como anteriormente, el centro de una franja sobre una radiación cuyo poder rotatorio estaba perfectamente conocido, la D_2 del sodio, y determinamos las radiaciones correspondientes al centro de las demás franjas que aparecían en el espectro; cosa fácil con el auxilio del micrómetro del espectroscopio. Resulta, pues, que la única determinación que ha de realizarse, es la lectura de la división del micrómetro á que corresponden, lo que, para mayor precisión, hacía bisecando con el hilo vertical del retículo la franja y leyendo la posición de éste sobre el micrómetro, operación que realizaba fácilmente, pues el mismo tornillo de movimiento lento del espectroscopio permitía pasear por el campo del anteojo el espectro de bandas en unión del micrómetro, consiguiendo cómodamente las coincidencias sucesivas de los centros de las franjas con el hilo vertical.

En el siguiente cuadro damos los resultados obtenidos:

Divisiones del micrómetro correspondientes á las franjas	Diferencia de poderes rotatorios	Poderes rotatorios	λ
8	$-8^\circ 70$	$13^\circ 02$	749μ
42	$-4 \ 35$	$17 \ 37$	657
80	0	$21 \ 72$	589
119,5	$4 \ 35$	$26 \ 07$	539
161	$8 \ 70$	$30 \ 42$	502
204	$13 \ 05$	$34 \ 78$	471
250	$17 \ 40$	$39 \ 13$	446
297	$21 \ 75$	$43 \ 47$	425
345	$26 \ 10$	$47 \ 82$	409

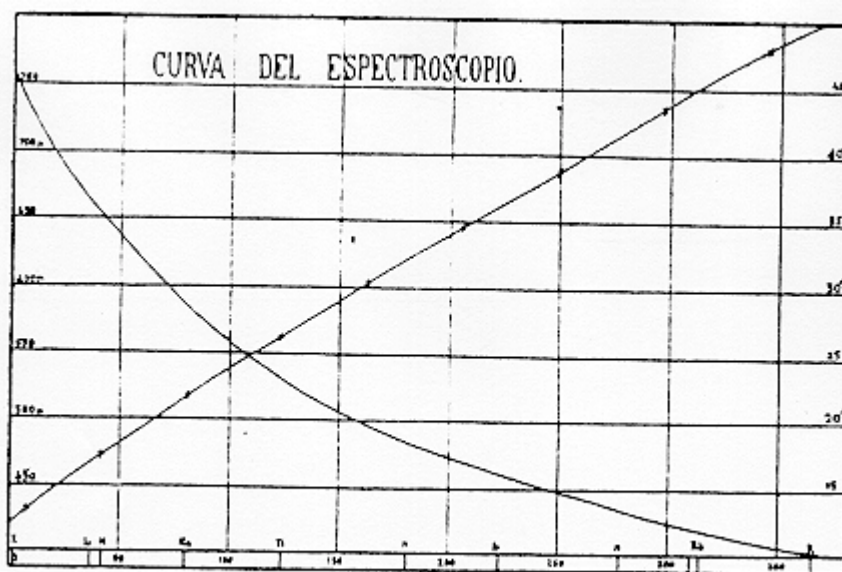
Ya indicamos que antes de comenzar toda determinación habíamos de construir la curva del espectroscopio; así lo hicimos, tomando para ello las rayas que pueden llamarse clásicas en este género de experimentación, y que á continuación enumeramos con las coordenadas que fijan los puntos de la curva:

Micrómetro	Longitud de onda.
—	

METAL	Divisiones	μ
Na D ₁	80	588,9
Na D ₂	79,6	689,5
K rojas	1,5	769,7
	2	766,3
K violeta	364,6	404,5
Li	36,1	670,5
Tl	123,8	534,9
Sr	222,6	460,7
Rb α	314	420,2
Rb β	310	421,6
H α	42,3	656,3
H β	181	486,1
H γ	277,5	434,0

Construída la gráfica adjunta con dichos datos, la comprobamos obteniendo algunos otros puntos que citamos a continuación:

METAL	Micrómetro — Divisiones	Longitud De onda. μ
Fe ϵ	120	537,0
Fe α	126,2	532,6
Fe β	167,5	495,9
	172,5	492,3
Fe ζ	176,5	489,1
Cu α_1	137,5	521,8
Cu β	144,8	515,8
Cu α_2	150	510,6
Au α	83	583,6
Au γ	191,6	479,3
Zn β	52,3	636,1
Zn α	189,5	481,2
Zn γ	203	472,1
Zn δ	209,5	468,1



Curva del espectroscopio y gráfica de los poderes rotatorios.

Como puede comprobarse, todos estos puntos cayeron sobre la curva², lo que nos indica su exactitud dentro de la aproximación dada por la cuadrícula.

Expuestas ya las observaciones que hemos podido realizar, gracias á las muchas facilidades que se nos han dado por los dignísimos é ilustrados Catedráticos y Auxiliares de esta Facultad y Sección, vamos á estudiar las soluciones propuestas para expresión exacta de la dispersión rotatoria.

Para buscar una fórmula empírica que traduzca los resultados experimentales, la teoría puede decirnos la forma aproximada de dicha función, y orientarnos facilitándonos su investigación; pero no sólo á este fin nos puede llevar el estudio teórico preliminar del problema, sino que, transformando la cuestión, puede hacer depender la rotación buscada de otras variables ó de parámetros que faciliten indirectamente el determinar la variación con λ .

Las experiencias de Fresnel habían dado realidad á la descomposición por él supuesta de la vibración rectilínea en dos vibraciones circulares, y el estudio de éstas podía llevarnos al conocimiento deseado de ρ . Veamos en qué forma aparece de este modo planteada la cuestión.

La diferencia de fase en general se expresa por $2\pi \frac{x}{\lambda}$, siendo dado x en arco, y como este retraso es la diferencia de los caminos recorridos por la una y la otra onda, es decir, $\delta' - \delta''$, el ángulo de giro, mitad de la diferencia de fase, será:

$$\rho = \frac{\pi}{\lambda}(\rho' - \rho'').$$

² Las gráficas originales estaban dibujadas sobre cuadrícula al milímetro, dando dicha división una del micrómetro en las abscisas y un μ en las ordenadas.

Llamando e al espesor de la lámina, que las vibraciones circulares recorrerían con las velocidades v' y v'' en un tiempo igual al que en el aire emplearían las vibraciones en los avances δ y δ' de la fórmula, las proporciones

$$\frac{\delta'}{e} = \frac{v}{v'} \quad \text{y} \quad \frac{\delta''}{e} = \frac{v}{v''},$$

nos permitirán expresar el valor anterior de ρ en función de las velocidades de la luz en el aire y en el cristal de una y otra de las ondas circulares, y así tenemos que

$$\rho = \frac{\pi e}{\lambda} \left(\frac{v}{v'} - \frac{v}{v''} \right).$$

En esta fórmula no tenemos más cantidades desconocidas que v' y v'' , y sabiendo que las dos vibraciones circulares que integran la rectilínea pueden separarse, cual lo hizo Fresnel para comprobar su teoría, nada más lógico que tratar de determinar las velocidades de ambas vibraciones. Ya el simple examen de esta última expresión nos dice que si lo indicado por la fórmula ha de estar de acuerdo con los resultados experimentados, las velocidades han de depender de la longitud de onda; es decir, que hemos de tener en cuenta la dispersión.

Tratando de determinar los valores de estas velocidades ó una relación que los ligue, Cornú emprende una larga serie de determinaciones experimentales de las que concluye: en el cuarzo, la media de las velocidades de propagación según el eje de las ondas circulares á *dextrorsum* y *sinistrorsum* es igual sensiblemente á la velocidad de la onda ordinaria. Establece, en resumen, con ciertas reservas, que cuando hay desdoblamiento de la vibración, la media de las velocidades es igual á la velocidad de la onda única en las circunstancias en que no existe desdoblamiento.

Son muchos los físicos que teórica y geoméricamente han estudiado esta cuestión, como más adelante indicamos. No hemos de dejar de observar que este estudio de las velocidades se reduce al de los índices de las ondas circulares en la dirección del eje, puesto que la anterior fórmula se puede también escribir:

$$\rho = \frac{\pi e}{\lambda} (n' - n'').$$

No sabemos que se haya llegado por estos medios indirectos á mejores resultados, lo que ya debíamos presumir examinando la última expresión, pues n y n' han de ser funciones de λ , lo mismo que antes v' y v'' ; de modo que la cuestión sigue planteada, con las mismas ó mayores dificultades.

El trabajo más completo que sabemos que se haya realizado para la obtención de una fórmula empírica es el de Soret y Sarasin. Ya indicamos someramente al principio la disposición por ellos adoptada, y en cuanto á la traducción de los resultados por una fórmula empírica, se les ocurrió representarlos por una función de la forma:

$$\rho = \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \frac{D}{\lambda^6} + K$$

En el caso del cuarzo, y referida la rotación á un espesor igual á 1^{mm}, dieron á estos coeficientes los valores expresados en

$$\rho = \frac{7,060741}{10^6 \lambda^2} + \frac{0,1685352}{10^{12} \lambda^4} - \frac{0,002589487}{10^{18} \lambda^6} + \frac{0,0001307083}{10^{24} \lambda^8},$$

que no resulta convergente, pues para la raya 26 les dió:

$$\rho = 153.732 + 79.895 - 26.727 + 29.374,$$

como hacen notar con gran tino.

Como más práctica por su sencillez calcularon la expresión de dos términos:

$$\rho = \frac{7,1065650}{10^6 \lambda^2} + \frac{0,14869333}{10^{12} \lambda^4}$$

cuyos valores se ajustan satisfactoriamente á los observados, salvo para las rayas A, H, *h* y R, discrepancia justificada por los citados físicos, á causa de la dificultad de realizar para dichas rayas observaciones precisas.

Suponemos que al representar por este desarrollo la rotación, les guiaría la idea de considerar que ρ era sencillamente un fenómeno de dispersión, como parece indicarlo el ser el desarrollo análogo á la fórmula de dispersión dada por Cauchy. Nosotros, antes de traducir por una fórmula los resultados experimentales, veamos si la teoría nos indica algo preciso acerca de la naturaleza de esta función.

III

Examinada la cuestión desde el punto de vista experimental, pasemos á estudiarla teóricamente para buscar en las fórmulas matemáticas que nos interpreten el fenómeno, una relación que nos dé el poder rotatorio como una función perfectamente definida de la longitud de onda. Claro es que estas dos maneras que tenemos de examinar la cuestión no son, ni esencialmente matemática, ni puramente experimental; pero la una observa el fenómeno y utiliza el análisis para la interpretación de los resultados, y la otra, que vamos á emprender, pide á la teoría la función buscada, reservando *à posteriori* al experimentador la investigación de las constantes que pudieran aparecer en sus fórmulas.

Teóricamente, el problema de la polarización rotatoria tuvo una ingeniosísima explicación con la teoría de Fresnel, teoría tan sencilla como admirable, pues los trabajos posteriores han venido á terminar siempre en lo fundamental de sus

hipótesis. Suponía este físico, y comprobó experimentalmente, que dos vibraciones circulares de opuestos sentidos se propagan con distinta velocidad en la dirección del eje; además, descompuso la vibración rectilínea en dos circulares opuestas, suposición cinemática perfectamente lógica, llegando así a un resultado que explicaba por completo el fenómeno; sin que esto dijera, ni Fresnel quiso decirlo, que dicho fenómeno se verificara según tal proceso.

En efecto, si $x=2a \cos \omega t$ es una vibración rectilínea, puede lógicamente ser considerada como la suma de dos desviaciones iguales

$$x = a \cos \omega t \quad y \quad x_1 = a \cos \omega t$$

y agregando dos vibraciones perpendiculares y opuestas de igual amplitud, que por contrarrestarse no alterarán en nada la vibración rectilínea, tendremos que $x = 2a \cos \omega t$, puede considerarse como el resultado de componer las cuatro vibraciones

$$\begin{aligned} x &= a \cos \omega t & x_1 &= a \cos \omega t \\ y &= a \sin \omega t & y_1 &= -a \sin \omega t, \end{aligned}$$

que compuestas dos á dos nos representan dos vibraciones circulares iguales, de opuesto sentido, pues eliminando t obtenemos $x^2 + y^2 = a^2$ para ecuación de la trayectoria.

Si suponemos, cual lo hizo Fresnel, que la velocidad de propagación de éstas es distinta, la que camine con más rapidez tomará un avance δ sobre la otra, y á la salida del cristal tendremos las ecuaciones

$$\begin{aligned} x &= a \cos \omega t & x_1 &= a \cos(\omega t + \delta) \\ y &= a \sin \omega t & y_1 &= -a \sin(\omega t + \delta), \end{aligned}$$

que nos dan según x é y las resultantes

$$\begin{aligned} X &= x + x_1 = a[\cos \omega t + \cos(\omega t + \delta)] = 2a \cos \frac{\delta}{2} \cos \left(\omega t + \frac{\delta}{2} \right) \\ Y &= y + y_1 = a[\sin \omega t - \sin(\omega t + \delta)] = 2a \sin \frac{\delta}{2} \cos \left(\omega t + \frac{\delta}{2} \right), \end{aligned}$$

que integran una vibración rectilínea que forma el ángulo $\delta/2$ con el eje X , dirección de la primitiva; es decir, que ha girado el ángulo $\rho = \delta/2$. Gráficamente se llega de un modo elemental al mismo resultado: *ángulo de giro igual á la mitad de la diferencia de fase expresada en arco*.

Airy trató el problema con más generalidad, sentando que en el caso corriente de incidencia oblicua, una vibración rectilínea se descomponía en dos elípticas de ejes invertidos, de cuya descomposición era caso particular el de incidencia normal, en el que las dos elipses se convertían en círculos. Y comprobando este modo amplio de ver la marcha de la luz polarizada á través del cuarzo, la experimentación

demostraba que sólo se propagan sin alteración á través del cristal, las vibraciones circulares en la dirección del eje, ciertas vibraciones elípticas dichas privilegiadas para una dirección oblicua, y las vibraciones rectilíneas cuando son paralelas al eje.

Y subiendo así de generalización en generalización, el estudio de la propagación de la luz polarizada á través de medios cristalinos debía darnos la clave teórica del problema, y las ecuaciones de movimiento

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = A \frac{d^2\xi}{dz^2} \quad ; \quad \frac{d^2\eta}{dt^2} = A \frac{d^2\eta}{dz^2} \quad [1]$$

debieran explicar el fenómeno.

Aquí parece entorpecerse esta marcha inductiva en nuestros razonamientos, pues dichas ecuaciones sólo nos dicen que un rayo polarizado que penetra en la dirección del eje no sufre alteración, salvo la distinta velocidad á través del cristal; es decir, que, siendo entonces $A = B$ por la simetría alrededor del eje, al salir las dos componentes se encontrarían idénticas condiciones que al entrar para la recomposición de la vibración rectilínea incidente.

Mac-Cullagh's pone de acuerdo la teoría general de la propagación, por un medio cristalino, con la rotación del plano de polarización, agregando á las ecuaciones diferenciales otro término y escribiéndolas

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = A \frac{d^2\xi}{dz^2} + C \frac{d^3\eta}{dz^3}; \quad \frac{d^2\eta}{dt^2} = B \frac{d^2\eta}{dz^2} - C \frac{d^3\xi}{dz^3}, \quad [2]$$

en las que C era un coeficiente que dependía de la naturaleza del cristal y explicaba en los dotados de poder rotatorio este fenómeno, y la hipótesis más general de Airy.

Neuman había llegado á una expresión más compleja de las ecuaciones de movimiento, que reducía á la forma

$$\begin{aligned} \frac{d^2\xi}{dt^2} &= A \frac{d^2\xi}{dz^2} + D \frac{d^3\xi}{dz^3} + C \frac{d^3\eta}{dz^3}; \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} &= A \frac{d^2\eta}{dz^2} + D \frac{d^3\eta}{dz^3} + C \frac{d^3\xi}{dz^3}, \end{aligned}$$

aplicables á la propagación por los medios hemiédricos, y que Mac-Cullagh's redujo á la forma expresada, mediante hipótesis particulares, demostrando que

$$D=E=0.$$

Nada más lógico que la consideración de estos términos en la ecuación de movimiento. La primera fórmula [1] dada como tal no es exacta en este caso, sino aproximada, obtenida para los cuerpos isótropos, suponiendo que las variaciones de los desplazamientos de una molécula (x, y, z) , á otra $(x+\delta x, y+\delta y, z+\delta z)$, dependían sólo de la primera potencia de δx , δy , δz , esto es, que $\delta\xi$, $\delta\eta$, $\delta\zeta$, eran funciones

lineales de las anteriores, por estar las moléculas situadas á distancia del orden del radio de actividad y ser, por infinitamente pequeñas, despreciables sus potencias.

En esta hipótesis $\delta\xi$ era una función lineal homogénea de las derivadas parciales $\xi'_x, \xi'_y, \xi'_z \dots$, esto es,

$$\delta\xi = \sum \frac{d\xi}{dx} \delta x,$$

y la función W de las fuerzas intermoleculares, limitada en la 2.^a potencia de su desarrollo, no contenía las derivadas parciales de los sucesivos órdenes, llegando á partir de esta base á las ecuaciones de movimiento

$$-\rho \frac{d^2\xi}{dt^2} = 2\mu\Delta\xi$$

ó

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = V^2 \frac{d^2\xi}{dz^2}$$

para los medios isótropos, llamando $V = \sqrt{-\frac{2\mu}{\rho}}$, y suponiendo que los movimientos

transversales en la onda plana están tomados en el mismo plano xy de la onda.

Pero no existiendo consideraciones teóricas que nos obliguen á tal limitación en el valor de $\delta\xi$, por el contrario, diciéndonos la experimentación que la velocidad V no es constante, sino variable, dependiente de la longitud de onda, se impone como consecuencia lógica tomar en el desarrollo de $\delta\xi$ cuantos términos necesarios sean para explicar los hechos; es decir, que consideraremos la función W como función de las derivadas de los diversos órdenes de ξ , η , y ζ .

Entonces la ecuación

$$\int P_x d\xi ds + \int dW dv - \int \frac{d^2\xi}{dt^2} d\xi dv = 0,$$

obtenida por la aplicación del principio de Alambert y de las velocidades virtuales, y simplificada no tornando más que los términos dependientes de x para más sencillez de la expresión, puede escribirse, transformando convenientemente $\int dW dv$, y no tomando más que hasta la segunda derivada

$$I - \int \left(\frac{d}{dx} \frac{dW}{d\xi'} - \frac{d^2}{dx^2} \frac{dW}{d\xi''} + \rho \frac{d^2\xi}{dt^2} \right) d\xi dv = 0,$$

que habiendo de satisfacerse para cualquier valor de $d\xi$, nos da

$$\rho \frac{d^2 \xi}{dt^2} = -\frac{d}{dx} \frac{dW}{d\xi'} + \frac{d^2}{dx^2} \frac{dW}{d\xi''} \quad [3]$$

para ecuación general de movimiento.

La función W podemos considerarla desarrollada por las potencias ascendentes de $\delta\xi$, $\delta\eta$, y $\delta\zeta$, y tomando hasta los términos de segundo grado los anteriores dan para $\frac{dW}{d\xi'}$ una constante, que desaparece al derivar respecto á la variable

independiente, y nos basta, por lo tanto, considerar á W como función homogénea de segundo grado de las derivadas de diversos órdenes de ξ , η , y ζ . Podemos, pues, representar la función W

$$W = a\xi_z'^2 + b\eta_z'^2 + d\xi_z\eta_z' + \alpha\xi_z'\xi_z'' + c_1\xi_z'\eta_z'' + c_2\xi_z''\eta_z' + \beta\eta_z'\eta_z'' + K$$

con tal de considerar la onda plana, propagándose á lo largo del eje Oz , y ser, por consiguiente, W función tan sólo de z y de t , desapareciendo de su desarrollo los términos que contienen las derivadas con respecto á x é y de ξ , η , y ζ , así como las de ζ con respecto á z por ser transversales las vibraciones. Aplicando á esta función la fórmula [3] obtenida, resulta

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \xi}{dt^2} &= A \frac{d^2 \xi}{dz^2} + D \frac{d^2 \eta}{dz^2} + C \frac{d^3 \eta}{dz^3} \\ \frac{d^2 \eta}{dt^2} &= D \frac{d^2 \xi}{dz^2} + B \frac{d^2 \eta}{dz^2} - C \frac{d^3 \xi}{dz^3} \end{aligned}$$

que no contienen los términos $\frac{d^3 \xi}{dz^3}$ y $\frac{d^3 \eta}{dz^3}$ respectivamente de la fórmula de Neuman, pues, cual se comprueba fácilmente derivando los términos $\alpha\xi_z'\xi_z''$ y $\beta\eta_z'\eta_z''$ de que proceden, cada uno de éstos origina dos iguales y de signo contrario que se reducen. Si además consideramos las vibraciones verificándose según ox y oy , los valores de ξ y η , correspondientes á cada una satisfarán las ecuaciones obtenidas, despreciando los términos de tercer orden; luego sustituyendo los valores $\xi = Pe^{\frac{2\pi i}{\lambda}(z-vt)}$, $\eta=0$ de la vibración de Neuman paralela al eje ox obtenemos la condición $D=0$ en la segunda ecuación, y, por consiguiente, las ecuaciones finales de movimiento son:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \xi}{dt^2} &= A \frac{d^2 \xi}{dz^2} + C \frac{d^3 \eta}{dz^3} \\ \frac{d^2 \eta}{dt^2} &= B \frac{d^2 \eta}{dz^2} - C \frac{d^3 \xi}{dz^3} \end{aligned}$$

de acuerdo con la expresión de Mac-Cullagh's.

Veamos cómo la consideración de este término diferencial de tercer orden explica el hecho de la rotación del plano de polarización. La solución general de estas ecuaciones diferenciales, sabemos que son expresiones transcendentales de la forma

$$\xi = p \cos \frac{2\pi}{l}(vt - z), \quad \eta = q \sin \frac{2\pi}{l}(vt - z) \quad [4]$$

en las que hemos de determinar p y q , así como la velocidad c . Para ello derivemos estas expresiones para formar las derivadas de las ecuaciones fundamentales y sustituyamos en ella, con lo que obtenemos

$$\begin{aligned} \left(\frac{2\pi v}{l}\right)^2 p \cos \frac{2\pi}{l}(vt - z) &= A \left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 p \cos \frac{2\pi}{l}(vt - z) \\ &\quad - C \left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 q \cos \frac{2\pi}{l}(vt - z) \frac{2\pi}{l}, \end{aligned}$$

y reduciendo

$$pv^2 = Ap - \frac{2\pi}{l} Cq;$$

y análogamente de la segunda [2] deduciríamos

$$qv^2 = Bq - \frac{2\pi}{l} Cp.$$

Como las dos ecuaciones [4] nos dan en general una vibración elíptica, y la relación de los ejes es q/p , llamemos á esta relación k , y tenemos

$$\begin{aligned} v^2 &= A - \frac{2\pi}{l} Ck \\ v^2 &= B - \frac{2\pi}{l} \frac{C}{k} \end{aligned} \quad [5]$$

de donde

$$A - B - \frac{2\pi}{l} C \left(k - \frac{1}{k} \right) = 0,$$

ecuación que nos permite conocer, siendo de segundo grado, las dos vibraciones elípticas que nos darían sus raíces k , valores que dependerán de los de A , B y C .

Vemos, pues, en conformidad con la teoría de Airy, que la vibración rectilínea

se descompone en general en dos elípticas, que se propagarían con velocidad distinta, pues distintos valores de k , sus raíces, llevaríamos á las fórmulas [5] de la velocidad.

Recordando que para el cuarzo se verifica

$$A = a^2 \quad \text{y} \quad B = a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta,$$

siendo θ el ángulo formado por el eje z , dirección del rayo, con el eje del cristal, y que de sus valores diversos, esto es, de la distinta oblicuidad del rayo respecto del eje, dependen los valores de A y B y, por consiguiente, las elipses en que se descompondrá la vibración rectilínea; llevemos estos valores á la ecuación cuadrática en k , de la que obtenemos

$$k^2 - \frac{l \sin^2 \theta}{2\pi C} (a^2 - b^2) k - 1 = 0,$$

fórmula que nos permite la discusión para distintas incidencias. Así en el caso de la normal, según el eje $\theta=0$ y la ecuación, se reduce á $k^2 = 1$ ó $k = \pm 1$.

Estas raíces nos dan las soluciones

$$\begin{aligned} \xi_1 &= p \cos \frac{2\pi}{\rho} (vt - z) & \text{y} & & \xi_2 &= p \cos \frac{2\pi}{\rho} (vt - z) \\ \eta_1 &= p \sin \frac{2\pi}{\rho} (vt - z) & \text{y} & & \eta_2 &= -p \sin \frac{2\pi}{\rho} (vt - z), \end{aligned}$$

que representan dos vibraciones circulares de igual amplitud y que giran en opuestos sentidos.

Para calcular sus velocidades respectivas demos á k sus valores en las [5], deduciéndose

$$\begin{aligned} v_1^2 &= a^2 - \frac{2\pi C}{l} & \text{y} & & v_2^2 &= a^2 + \frac{2\pi C}{l} \\ v_1 &= a \left(1 - \frac{2\pi C}{a^2 l} \right)^{\frac{1}{2}} & \text{y} & & v_2 &= a \left(1 + \frac{2\pi C}{a^2 l} \right)^{\frac{1}{2}}; \end{aligned}$$

y desarrollando estos binomios y tomando sólo los dos primeros términos, tenemos para valor aproximado de estas velocidades:

$$v_1 = a \left(1 - \frac{\pi C}{a^2 l} \right), \quad v_2 = a \left(1 + \frac{\pi C}{a^2 l} \right).$$

La semisuma de estos valores es a , es decir, la velocidad ordinaria de la onda es la media aritmética de las velocidades de las ondas circulares directa y retrógrada.

A este enunciado llegó teóricamente Lommel³, el cual había ya sido dado, según indicamos, por Cornu⁴ como resultado de sus determinaciones experimentales, realizadas en el cuarzo y repetidas en el flint pesado de Faraday. Sin embargo, Cornu no indicaba si era media geométrica ó aritmética, é hizo sus afirmaciones con reservas. Con más generalidad Karl Exner, basándose en datos experimentales de M. Von-Lang, encontró que la velocidad media de las dos ondas es la que tendría la luz si se anulase la constante de polarización circular; y G. Woulf geoméricamente dedujo de la rotación, como consecuencia lógica, el enunciado de Cornu.

Mascart resume con gran sencillez los resultados con la consideración de una vibración rectilínea giratoria. Y así, expresando las fases correspondientes á cada una de las ondas circulares por

$$\delta' = 2\pi \frac{e}{\lambda_1} \quad \text{y} \quad \delta'' = 2\pi \frac{e}{\lambda_2}$$

y como la diferencia de fase resultante, al componerse ambas, sería:

$$\delta = \frac{\delta' + \delta''}{2} = \pi e \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right),$$

y la vibración puede considerarse como rectilínea siempre, pero obedeciendo á la expresión

$$x = a \sin \sum \left[\omega t + \pi e \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right) \right],$$

lo que equivale á suponer que la vibración primitiva $x = a \sin \omega t$ ha girado un ángulo

$$\rho = \frac{\delta' - \delta''}{2} = \pi e \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right).$$

Suponiendo ahora que dos vibraciones sucesivas son concordantes

$$\pi e \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right) = 2\pi,$$

ó bien, llamando al espesor $e = \lambda'$ longitud de onda de la rectilínea que gira

³ Wied. Ann., F. XX p. 578, 1883.

⁴ J. Ph. 2s., t. I y C.R., F. XCII.

$$\frac{2}{\lambda'} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2};$$

lo que nos dice que λ' es media armónica entre λ_1 y λ_2 . También, siendo el mismo el período de todas estas vibraciones

$$\frac{2}{V'} = \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}$$

y llamando á $n' = \frac{V}{V'}$,

$$n' = \frac{n_1 + n_2}{2},$$

lo que nos dice que el índice ordinario del cuarzo es la media aritmética de los índices de las vibraciones circulares.

Volviendo á la teoría de Mac-Cullagh's, el retraso de la una onda circular respecto á la otra, expresado en tiempo, será evidentemente

$$\tau = \frac{e}{v_1} - \frac{e}{v_2},$$

y teniendo en cuenta los valores aproximados que dimos á v_1 y v_2 , resultará

$$\tau = \frac{2\pi e C}{a^3 l};$$

pero siendo las longitudes de onda proporcionales á las velocidades, y tomando la velocidad del aire como unidad, la diferencia de fase vendrá representada por

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \tau = \frac{4\pi^2 C}{a^4} \frac{e}{\lambda^2},$$

que nos da para el ángulo de giro

$$\rho = \frac{2\pi^2 C}{a^4} \frac{e}{\lambda^2},$$

que expresa las dos leyes experimentales de Biot: proporcionalidad del giro al espesor, é inversa proporcionalidad con el cuadrado de la longitud de onda. El examen de la fórmula nos dice que C ha de depender de λ , puesto que la segunda ley no es sino aproximada, hipótesis que hizo Mac-Cullagh's acerca de este coeficiente para explicar la dispersión rotatoria.

Hemos visto, pues, cómo la teoría nos explica el fenómeno, mas no nos lleva á una fórmula exacta que nos dé la rotación ρ como función λ . Sabemos, sí, que C es una función de λ , y que el problema planteado y perfectamente definido; todo se reduce á un caso de dispersión. ¿Cuál sea la fórmula de dispersión aplicable á este caso y cómo influye en ρ la dispersión? Eso es lo que no sabemos si haya resuelto satisfactoriamente. Como solución empírica, ya hemos citado la de Soret y Sarasin.

A nuestro humilde entender, no es preciso para explicar el fenómeno suponer que C sea una función de λ , ni debe maravillarnos el resultado aproximado á que nos ha conducido el cálculo, pues aproximadas tan sólo han sido las ecuaciones de movimiento consideradas. Recuérdese la limitación impuesta al desarrollo del segundo miembro, limitación que había de originar necesariamente un resultado poco exacto, pues no sólo no hay razones teóricas que aconsejen tal limitación, sino que, por el contrario, el fenómeno de la dispersión nos induce á admitir términos diferenciales de órdenes más elevados.

Guiados por esta consideración amplificamos la función W , introduciendo otros términos dependientes de las derivadas $\xi'_z, \xi''_z, \xi'''_z, \eta'_z, \eta''_z, \eta'''_z$, y razonamos sobre la función W así amplificada. Solo el considerar los términos en ξ''^2_z y η''^2_z , y desechando, por lo tanto, las derivadas de órdenes superiores, creemos explicado el fenómeno, supuesta para una substancia dada, la constancia de los coeficientes, cuyos valores nos habrá de determinar la experimentación en cada caso.

Escrita pues la función:

$$W = a\xi'^2_z + d\xi'_z\eta'_z + \vartheta\xi'^2_z + \alpha\xi'_z\xi''_z + \vartheta\xi'_z\eta''_z + \vartheta\xi''_z\eta'_z + \gamma\eta'_z\eta''_z + m\xi''^2_z + n\eta''^2_z$$

deducimos de ella, teniendo en cuenta las reducciones ya indicadas, las ecuaciones de movimiento:

$$\begin{aligned}\frac{d^2\xi}{dt^2} &= A\frac{d^2\xi}{dz^2} + C\frac{d^3\eta}{dz^3} + M\frac{d^4\xi}{dz^4} \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} &= B\frac{d^2\eta}{dz^2} - C\frac{d^3\xi}{dz^3} + N\frac{d^4\eta}{dz^4};\end{aligned}$$

que, habiendo de satisfacerse para

$$\xi = p \cos \frac{2\pi}{l}(vt - z) \quad \text{y} \quad \eta = q \sin \frac{2\pi}{l}(vt - z),$$

nos dan:

$$pv^2 \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} (vt - z) = Ap \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} (vt - z) - \\ - Cq \left(\frac{2\pi}{l} \right)^3 \cos \frac{2\pi}{\lambda} (vt - z) + Mp \left(\frac{2\pi}{l} \right)^4 \cos \frac{2\pi}{\lambda} (vt - z)$$

y simplificando

$$pv^2 = Ap - Cq \left(\frac{2\pi}{l} \right) + Mp \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2,$$

Análogamente

$$qv^2 = Bq - Cp \left(\frac{2\pi}{l} \right) + Nq \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2,$$

de las que se deduce:

$$v^2 = A - C \left(\frac{2\pi}{l} \right) k + M \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 \\ v^2 = B - C \left(\frac{2\pi}{l} \right) \frac{1}{k} + N \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2;$$

y como para el caso de las vibraciones circulares $k = \pm 1$, estas raíces nos dan en la primera:

$$v_1^2 = A - C \left(\frac{2\pi}{l} \right) + M \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 \\ v_2^2 = A + C \left(\frac{2\pi}{l} \right) + M \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2,$$

de cuyos valores deducimos para diferencia de fase,

$$\delta = \frac{2\pi e}{\lambda} \left[\left[A - C \left(\frac{2\pi}{l} \right) + M \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} - \left[A + C \left(\frac{2\pi}{l} \right) + M \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \right].$$

Si desarrollamos y se toman sólo los terceros términos, podemos llamar P , Q , R ... á los coeficientes que son constantes y obtener

$$\delta = \frac{2\pi e}{\lambda} \left[P \frac{2\pi}{l} - Q \left(\frac{2\pi}{l} \right)^2 + R \left(\frac{2\pi}{l} \right)^3 + K \right],$$

y en definitiva el ángulo que ha girado el plano de polarización estará dado por una función de la forma

$$\rho = A\lambda^{-2} - B\lambda^{-3} + C\lambda^{-4} + K$$

Esta es la expresión que hemos adoptado para representar el poder rotatorio del cuarzo, calculando los coeficientes A , B y C mediante los siguientes datos, unos resultado de nuestras medidas (los comprendidos en el espectro visible) y otros dados por físicos eminentes, y tomados de la recopilación publicada por Dufet:

λ	ρ	λ	ρ
940	7,95	502	30,42
868	9,63	471	34,78
800	11,44	466	39,13
760	12,65	431	42,58
749	13,02	410	47,48
657	17,37	393	52,15
589	21,72	382	55,62
539	26,07	325	80,46

Con dichos datos, aplicando el método de los mínimos cuadrados calculamos el sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} A[aa] - B[ab] + C[aa] &= [a\rho], \\ A[ab] - B[bb] + C[bc] &= [b\rho], \\ A[ac] - B[bc] + C[cc] &= [c\rho], \end{aligned}$$

cuyos coeficientes designados por la notación de Gauss, y que formados nos dieron para este caso:

$$\begin{aligned} 341375 \cdot 10^{-15} A - 848985 \cdot 10^{-18} B + 218509 \cdot 10^{-20} C &= 274366 \cdot 10^{-8} \\ 848985 \cdot 10^{-18} A - 218509 \cdot 10^{-20} B + 578238 \cdot 10^{-23} C &= 687623 \cdot 10^{-11} \\ 218509 \cdot 10^{-20} A - 578238 \cdot 10^{-23} B + 156508 \cdot 10^{-25} C &= 178152 \cdot 10^{-13} \end{aligned}$$

de cuyo sistema se deduce el

$$0,25160B \cdot 10^{-25} - 0,11885C \cdot 10^{-27} = -0,01805 \cdot 10^{-15}$$

$$0,11885B \cdot 10^{-27} - 0,56818C \cdot 10^{-30} = -0,08653 \cdot 10^{-18}$$

y finalmente,

$$A = 7,253790 \cdot 10^6$$

$$B = 0,16961 \cdot 10^9$$

$$C = 0,187243 \cdot 10^{12}$$

La fórmula que buscábamos para expresión del poder rotatorio será

$$\rho = 7,25379 \cdot 10^6 \lambda^{-2} - 0,166961 \cdot 10^9 \lambda^{-3} + 0,187243 \cdot 10^{12} \lambda^{-4}$$

Aplicándola á los datos que anteriormente hemos dado para calcularla, y comparando los valores hijos de la observación con los obtenidos mediante dicha fórmula, podemos resumir el resultado en el siguiente cuadro:

VALORES calculados	VALORES observados	DIFERENCIAS	CUADRADOS de las diferencias
8,17	7,95	+0,22	0,0444
9,70	9,63	+0,07	0,0049
11,46	11,44	+0,02	0,0004
12,73	12,65	+0,08	0,0064
13,11	13,02	+0,09	0,0081
17,22	17,37	-0,15	0,0225
21,65	21,72	-0,07	0,0049
26,12	26,07	+0,05	0,0025
30,31	30,42	-0,11	0,0121
34,90	34,78	+0,12	0,0144
39,30	39,13	+0,17	0,0289
42,38	42,58	-0,20	0,0400
47,36	47,48	-0,12	0,0144
52,06	52,15	-0,09	0,0081
55,52	55,62	-0,10	0,0100
80,59	80,46	+0,13	0,0169

De la última columna se obtiene

$$\sum e^2 = 0,2389,$$

y de aquí el error del resultado, es decir, el error medio cuadrado

$$E = \sqrt{\frac{0,2389}{13}} = \sqrt{0,0183} = 0,13 \quad ,$$

que siendo precisamente del orden de magnitud del error de observación, nos dice que la fórmula es aceptable.

Si además se comparan las diferencias obtenidas con las que resultan por la aplicación de las fórmulas dadas hasta ahora, se reconocerá indudablemente alguna ventaja en la nuestra, que presenta como diferencia máxima 0,2, precisamente en aquellas rayas de difícil observación, y para las cuales otras expresiones antes citadas dan 0,3 y 0,5.

La diferencia esencial es la consideración del término en λ^{-3} en el desarrollo de ρ , mientras que en las otras fórmulas se consideran tan sólo las potencias pares, asignando al poder rotatorio una función de idéntica naturaleza á la dada para la dispersión en los medios isótropos; pero no creemos que estas expresiones sean aplicables al cuarzo, y en todo caso la solución que damos al problema no es desatendible como fórmula empírica.

Conseguido, por lo tanto, á nuestro parecer, el fin que nos proponíamos en la presente Memoria, obtener una expresión de la tercera ley de Biot, sólo nos resta hacer patente nuestro agradecimiento por el celo con que los ilustres Catedráticos de esta Facultad, llevados de su amor á la Ciencia, han puesto á nuestro alcance los medios materiales necesarios para realizar este humilde estudio.

Madrid, 18 de Septiembre de 1905.

EL SIGNIFICADO FÍSICO DE LAS ECUACIONES DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Conferencia pronunciada en la Escuela de
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos,
el día 14 de mayo de 1926

POR

DON PEDRO CARRASCO

CATEDRÁTICO DE FÍSICA MATEMÁTICA
DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL



EL SIGNIFICADO FÍSICO DE LAS ECUACIONES DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

SEÑORES:

Lamento que la Facultad de Ciencias tenga hoy en mí una representación tan modesta; pero mi condición de catedrático me obligó a acatar, cual una orden, la invitación del ilustre director de esta gloriosa Escuela, en aras de la fraternidad científica que debe unir siempre a las dos corporaciones.

Tal vez mi presencia no tiene otra justificación que el ser en la Universidad el sucesor indigno de aquel genio que se llamó Echegaray; y ello hace que pueda considerarme hijo espiritual de esta casa y que, no habiendo tenido con vosotros una anterior convivencia, me encuentre no obstante hoy envuelto por ese ambiente acariciador que tan amado hace el hogar de nuestros mayores.

Echegaray, señores, fué una gloria de vuestro Cuerpo, pero lo fué también de la Universidad, y, sobre todo, de nuestra querida patria. Su genio fué tal, que después de iniciar en España la matemática moderna con aquellos cursos del Ateneo donde explicó hace más de cuarenta años múltiples materias que hoy suenan en algunos oídos como cosas nuevas y archimodernas en la ciencia española; cuando las impurezas de la vida le separaban del amor de sus amores, que era la Ciencia, y le llevan al teatro, al que consagró los mejores años de su madurez, alcanza la consagración universal con el premio Nóbel; y después, en sus últimos años, llamado por la Facultad de Ciencias, orienta en España, a los ochenta años de edad, los estudios de Física matemática, con una maestría no superada ni igualada aún.

Comprenderéis fácilmente mi emoción en estos instantes, y me perdonaréis que no haya intentado yo hacer una conferencia de alta matemática ni alta técnica, de las que habéis tenido ya brillantes modelos en los que me precedieron. Voy simplemente, pues-

to el pensamiento en nuestro común maestro, a explicar, si puedo, una lección de matemáticas vivientes; de la matemática que aprendí a sentir y a querer, de la que es expresión de ideas y conceptos que plasman en nuestro espíritu imágenes asequibles a nuestra concepción. Mi profesión es enseñar, y para ello siempre aconsejo a los alumnos que pierdan el respeto a las fórmulas matemáticas, que no son ininteligible jeroglífico, ni anagrama misterioso, sino sintética expresión de amplios conceptos. Es preciso descuartizarlas, que pierdan su armónica estructura, para que no nos seduzca su aspecto formal y escapen a nuestra inteligencia envueltas en la penumbra de sus bellos cendales: no en balde se pintó a la verdad siempre desnuda.

* * *

Voy, pues, a explicar las ecuaciones del campo electromagnético, que, utilizando el simbolismo del análisis vectorial, escribiré:

$$[1] \quad -\text{rot. } \vec{E} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \qquad \text{rot. } \vec{H} = \frac{1}{c} \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \rho \vec{v} \right) \quad [2]$$

$$[3] \quad \text{div. } \vec{E} = \rho \qquad \text{div. } \vec{H} = 0 \quad [4]$$

Son, como sabéis, la gran síntesis electromagnética alcanzada por Maxwell y Hertz, y que expreso en la forma más universal, siguiendo las ideas de Lorentz respecto a la constitución atómica de la electricidad.

El aspecto de estas ecuaciones es, en efecto, algo jeroglífico; pero conocido el significado de los símbolos, esta aparatosidad se convierte en algo inteligible con poco esfuerzo. Ya sabéis que se denomina rotacional de un vector $\vec{E}$ (E_x, E_y, E_z), a otro vector, el torbellino, cuyas componentes son:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \\ \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \\ \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \end{aligned}$$

por lo que la ecuación [1] simboliza en una las tres ecuaciones

$$\begin{aligned}\frac{\partial E_x}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial x} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial H_z}{\partial t} \\ \frac{\partial E_z}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial z} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial H_y}{\partial t} \\ \frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial H_x}{\partial t}\end{aligned}\quad [1]'$$

escritas en lenguaje cartesiano.

Igualmente la [2] representa el sistema

$$\begin{aligned}\frac{\partial H_x}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} &= \frac{1}{c} \left(\frac{\partial E_z}{\partial t} + \rho v_x \right) \\ \frac{\partial H_z}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial z} &= \frac{1}{c} \left(\frac{\partial E_y}{\partial t} + \rho v_y \right) \\ \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} &= \frac{1}{c} \left(\frac{\partial E_x}{\partial t} + \rho v_x \right) -\end{aligned}\quad [2]'$$

También sabéis que la divergencia de un vector $\vec{E}$ es

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z},$$

de modo que la [3] equivale a

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = \rho \quad [3]'$$

y la [4] a

$$\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} = 0. \quad [4]'$$

Para un matemático puro, sin mezcla de Física alguna, estas ecuaciones tienen un significado clarísimo. E_x, E_y, E_z son tres funciones variables de punto $E_x = E_x(x, y, z, t)$, etc., que determinan un vector $\vec{E}$ en cada punto del espacio y para cada instante. H_x, H_y, H_z son otras tres funciones, que determinan otro vector $\vec{H}$.

ρ es una función de las variables espaciales y del tiempo $\rho = \rho(x, y, z, t)$, magnitud escalar, y v_x, v_y, v_z son las tres componentes de la velocidad de un elemento de densidad ρ .

Si como datos de un problema nos dan ρ , función que designa la densidad de las cargas eléctricas libres, o si queréis la ley de distribución en el espacio de la sustancia eléctrica que se acusa como carga, y conocemos también, en los cuerpos conductores, por ejemplo, la velocidad de estas cargas, lo que equivale a conocer ρv , flujo de electricidad, o si queréis densidad de la corriente eléctrica, tendremos entonces simplemente un sistema de ecuaciones simultáneas, que nos determina las seis funciones $E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z$, dependientes de las variables x, y, z , espaciales, puramente geométricas y t el tiempo. Así, por ejemplo, eliminando H , para lo que indicaré como rápido y elegante el método de análisis vectorial fundado en que

$$\text{rot. rot.} = \text{grad. div.} - \Delta,$$

tomaremos rotacional de [1] y resulta

$$-\text{rot. rot. } \vec{E} = -\text{grad. div. } \vec{E} + \Delta \vec{E} = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \text{rot. } \vec{H},$$

o bien por [3] y [2]

$$-\text{grad. } \rho + \Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \frac{\partial(\rho \vec{v})}{\partial t} \right)$$

esto es,

$$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \text{grad. } \rho + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}), \quad [5]$$

ecuación que determina $\vec{E}$, o si queréis las tres funciones E_x, E_y, E_z . Así, por ejemplo,

$$\Delta E_x - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} = \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} (\rho v_x); \quad [5']$$

y como el segundo miembro es una función $f_1(x, y, z, t)$ conocida, dados ρ y $\vec{v}$, y el primer miembro, utilizando el operador simbólico

lico *d'alambertiano* $\square = \Delta - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}$, puede escribirse $\square E_x$, tendremos en una forma elegante escrita la [5]'

$$\square E_x = f_1(x, y, z, t) \quad [5]''$$

Igualmente se deduce de [2]

$$\text{rot. rot. } \vec{H}_x = \text{grad. div. } \vec{H} - \Delta \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \text{rot. } \vec{E} + \frac{1}{c} \text{rot. } (\rho v)$$

que por la [4] y [1] se reduce a

$$\Delta \vec{H} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c} \text{rot. } (\rho v) \quad [8]$$

esto es, tres ecuaciones cartesianas de la forma

$$\square H_x = \varphi_1(x, y, z, t) \quad [6]'$$

Todo queda reducido, para el matemático, a la integración de estas ecuaciones, lo que no es poco. Ya os hablaba un querido compañero de las funciones armónicas en el plano $\Delta \varphi = 0$, que no son sino un caso particular de la Laplaciana $\Delta V = 0$ en el espacio, que ha dado lugar a tantas teorías y tan interesantes, cual las funciones armónicas esféricas, zonales, etc. Y aquí aun es más complicado el problema, porque $\square H_x$, haciendo $\varsigma = ict$, no es otra cosa que

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial \varsigma^2},$$

esto es, ΔH_x en un espacio de cuatro dimensiones; y aun no es la Laplaciana hiperespacial $\Delta H_x = 0$ la expresión que aparece, sino la ecuación más complicada $\Delta H_x = F_1(x, y, z, \varsigma)$.

* * *

Pero dejemos las matemáticas puras y acudamos al terreno de la Física. Veamos si esos maniqués sin alma, pero con tan bello ropaje, pueden adquirir vida y un sentido de realidad física: procuremos desnudar a esa hermosa dama de la matemática.

Las ecuaciones [1], [2], [3] y [4] determinan el campo electromagnético, esto es, definen eléctricamente el espacio físico, mediante dos vectores superpuestos: uno polar, $\vec{E}$, y otro axial, $\vec{H}$. El espacio geométrico inerte, pasivo, vacío, lo hemos reemplazado por un espacio activo, cuyas propiedades en cada punto y en cada instante están determinadas por $\vec{E}$ y $\vec{H}$; hemos definido así un campo complejo y variable, y como no tiene sentido para nosotros los físicos, experimentales e intuitivos, que el espacio vacío, la nada, tenga propiedades y estructura cual la definida, necesitamos llenar ese vacío con una sustancia hipotética que se llamó éter. En ella descansan las propiedades que atribuimos con estas ecuaciones al espacio físico: por ello diremos que tales ecuaciones definen el éter.

Desmenuzando el significado de las cuatro ecuaciones, recordaré que las dos ecuaciones [3] y [4] son una aplicación de la famosa fórmula de Green (flujo de un vector, a través de la superficie s que limita un dominio, igual a la divergencia de dicho vector dentro del dominio D), fórmula que con el simbolismo vectorial escribimos

$$\iint_s \vec{E} \cdot d\vec{z} = \iiint_D \text{div} \vec{E} \cdot dz,$$

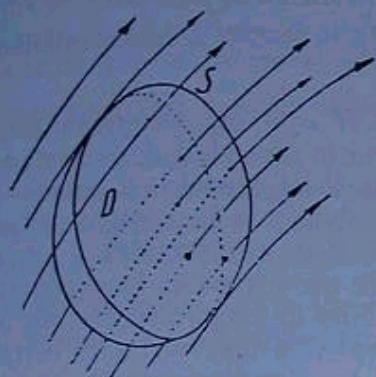
equivalente en lenguaje cartesiano a

$$\iint_s (E_x \alpha + E_y \beta + E_z \gamma) dz = \iiint_D \left(\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} \right) dz.$$

Decía Echegaray que esta fórmula de Green expresaba un hecho tan vulgar como decir que el aumento o disminución del capital encerrado en una caja era igual a la suma algébrica de las cantidades introducidas y sacadas de ella. Perdonadme que amplíe la imagen para dar un sentido físico a las ecuaciones [3] y [4].

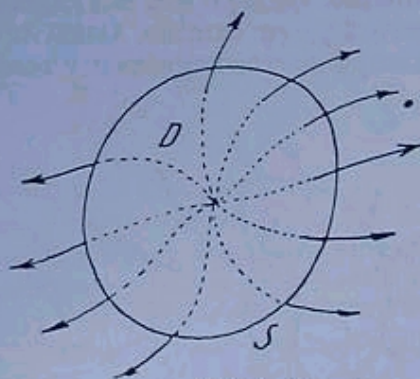
Imaginad en el espacio, ocupado totalmente por una red continua de líneas de vector $\vec{E}$, una superficie cerrada, S . Si, cual ocurre en la figura 1.^a, las líneas de vector cruzan el dominio sin nacer ni morir dentro de él, es evidente que el haz que penetra (flujo entrante) es el mismo que sale (flujo saliente), el flujo total, suma de ambos, será nulo, y la divergencia por el teorema de Green sería nula. Pero esta condición de ser la divergencia nula es la

limitación de que las líneas no se creen ni destruyan dentro del dominio, que no existan fuentes o manantiales, creadores o destructores de línea; luego la divergencia mide sencillamente la producción o consumo de la fuente, su gasto, si queréis, positivo o negativo. En cambio, se concibe, con evidencia, que cuando la superficie S envuelve un foco o manantial (fig. 2.^a), el flujo total, o si queréis el haz que vierte de la superficie o que se agota dentro de ella, será igual a ese gasto del manantial, esto es, a la divergencia del vector.

Fig. 1.^a

Pero sabéis todos que los manantiales de estas líneas son las cargas eléctricas (Coulomb), positivas cuando de ellas arrancan las líneas, negativas cuando en ellas terminan; luego la riqueza del manantial, el flujo que emite o absorbe, lo miden las masas eléctricas encerradas, y si de la divergencia en un volumen pasamos a la divergencia en un punto del espacio, bastará que definamos la divergencia por la densidad de carga en dicho punto, puesto que $dm = \rho \cdot dz$.

Aparece ahora el significado físico de [3], afirmando $\text{div. } \vec{E} = \rho$ que existe una sustancia eléctrica cuya densidad está medida o definida en cada punto por la divergencia del vector $\vec{E}$; que donde

Fig. 2.^a

$\text{div. } \vec{E} = 0$ no existirán cargas; hechos que todos conocéis por las ecuaciones clásicas $\Delta V = \text{div. } \vec{E} = \rho$ y $\Delta V = 0$ en los campos conservativos de potencial V , cual el newtoniano. Se comprendé fácilmente que cuando conozcamos $\vec{E}$, o si queréis E_x, E_y, E_z , funciones de x, y, z y t , bastará calcular $\text{div. } \vec{E}$, que será también función de x, y, z y t , para obtener la

densidad de carga en cada punto del espacio y en cada instante. Y recíprocamente, si nos han dado la ley de distribución de cargas $\rho = \rho(x, y, z, t)$, cuando busquemos determinar el campo por integración de las ecuaciones [1] y [2], el vector $\vec{E}$ ha de satisfacer la [3] como ecuación de condición.

La ecuación [4], al establecer $\text{div. } \vec{H} = 0$, afirma que no existe el magnetismo como sustancia, ya que la densidad de la sustancia hipotética magnetismo es nula en todo el espacio. Y aunque la afirmación parezca opuesta a los hechos y a la antigua cultura clásica, no puede ser más lógica y fácil de comprender.

Recordemos que el magnetismo de un cuerpo es la agrupación de imanes elementales o la superposición de hojas magnéticas; que un imán o una hoja elemental equivalen a una corriente cerrada de cierta intensidad; que después de los famosos experimentos de Rowland una carga eléctrica en movimiento equivale a una corriente eléctrica, crea un campo magnético análogo al de la corriente. En suma, que las cargas eléctricas o los electrones, describiendo órbitas cerradas, originan exactamente el mismo campo magnético, las mismas acciones magnéticas exteriores que los imanes. De aquí que sea superflua la hipótesis de la sustancia magnética y, en cambio, tenga una unidad tan amplia y hermosa el campo electromagnético y sean inseparables el vector eléctrico del magnético, por cuanto uno y otro existen siempre que existe electricidad en movimiento.

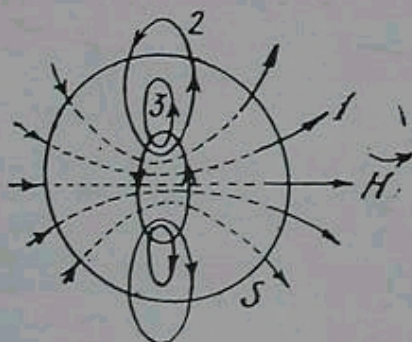


Fig. 3.ª

Fácilmente se observa en la figura 3.ª, que representa el campo magnético de una corriente cerrada, o, si queréis, de un imán elemental, que el flujo magnético a través de cualquier superficie cerrada es nulo, porque o las líneas penetran y salen cual [1] alejándose en ambos sentidos, o cerrándose cortan al penetrar y salir [2], o se cierran en el interior del dominio [3]. El flujo

magnético es siempre nulo, la divergencia nula y no existe magnetismo: $\text{div. } \vec{H} = 0$.

Observad además que al reemplazar un imán elemental por

una corriente circular o elíptica, el vector polar $\vec{H}$, cuya dirección y sentido estaba dado por la línea polo Sur-polo Norte, reemplazamos un vector axial, eje del giro de la carga eléctrica, y el vector $\vec{H}$ tiene una dirección, la que fija como normal el plano de la órbita, y un sentido, el definido por la regla de Maxwell del sacacorchos que determina el sentido en que la órbita es descrita. Transformación que ratifica el origen eléctrico de $\vec{H}$ y la coexistencia de los campos $\vec{E}$ y $\vec{H}$.

Antes de abandonar esta explicación de la divergencia, quiero evitar algunas confusiones que podrían producirse al ampliar lo dicho a otras teorías físicas, cual la de los flúidos. Si el razonamiento se aplica, no a un vector espacial cual los $\vec{E}$ y $\vec{H}$, sino a vectores que representen transporte real de sustancia, cual el vector $\rho\vec{v}$, producto de un escalar, ρ , densidad de la sustancia transformada, por el vector $\vec{v}$, velocidad de su movimiento, sería

$$\text{div. } \rho\vec{v} = \rho \text{ div. } \vec{v} + \vec{v} \cdot \text{grad. } \rho$$

o en cartesianas

$$\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \frac{\partial \rho}{\partial x} v_x + \frac{\partial \rho}{\partial y} v_y + \frac{\partial \rho}{\partial z} v_z.$$

Y en este caso el flujo de corriente y la divergencia de $\rho\vec{v}$, por tanto, depende de dos circunstancias, correspondientes a los dos términos escritos: del cambio de velocidad entre la cara de entrada y la de salida, que determinará una acumulación o enrarecimiento de la sustancia dentro del dominio, y del cambio de densidad en el interior si en él se engendra o consume, si existen manantiales positivos o negativos. Podéis imaginaros una multitud recorriendo la calle de Alcalá, y el flujo total o diferencia entre los que penetran por la Puerta del Sol y salen por el cruce con Sevilla estará medido por la mayor velocidad con que salen de dicha calle respecto a la lentitud con que penetraron, y por los manantiales en el interior, por la gente que brotara de los edificios enclavados en el interior y engruesan la manifestación, determinando mayor densidad del gentío a la salida.

Pasemos al significado de las ecuaciones [1] y [2]. Ambas son

la expresión de hechos de experiencia, elevados por generalización a la categoría de hipótesis, y ambas son una aplicación de la famosa fórmula de Stokes

$$\int_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S \text{rot. } \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

o en cartesianas

$$\int_L E_x dx + E_y dy + E_z dz = \int_S \left[\left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) \alpha + \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) \beta + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \gamma \right] d\tau$$

Esta fórmula de Stokes sabéis que es simplemente una fórmula de transformación, que resulta por integración del segundo miembro, y espera que la circulación de un vector a lo largo de una línea L cerrada es igual al flujo de su vector torbellino a través de cualquier superficie S que tenga dicha línea por contorno. Enunciado que no hace sino igualar dos cosas equivalentes, una a través de una superficie y otra en su contorno, si recordamos que el rotacional de un vector polar es un vector axial y el rotacional de un axial es polar. Imaginad un cilindro (el palo de un

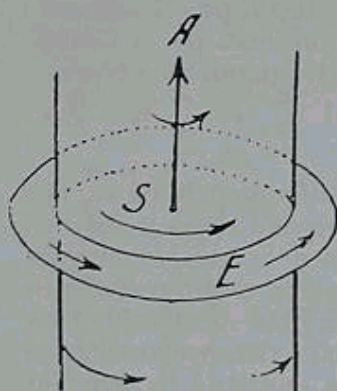


Fig.^a 4.^a

bastón) al que se enrolla un cordón con adherencia perfecta (un anillo de caucho); si el cordón se mueve a lo largo de sí mismo, esto es, se produce la circulación de un vector polar E a lo largo de una línea (fig. 4.^a) cerrada, el cilindro girará exactamente la cantidad que mide la circulación, o el vector torbellino A , que es axial y no polar, hará girar la sección S la misma cantidad, midiendo este giro de S el flujo del vector torbellino; si, por el contrario, el cordón se enrolla sobre sí mismo, esto es, a lo largo del eje del cordón, se produce la circulación de un

vector axial $\vec{H}$ (fig. 5.^a), este enrollamiento determina y mide la traslación del cilindro, que representa el flujo del vector torbellino P a través de S , puesto que ahora dicho torbellino es polar. Es evidente que circulación de contorno y flujo de superficie son cosas que traducen un hecho

único, y más si pensáis que el bastón y el anillo desaparecen por ser sustancia única de un medio único (éter). Y ahora reducid anillo y sección a dimensiones infinitesimales y tendréis lo que ocurre en cada punto; o considerar haces de bastones infinitesimales y tendréis lo que ocurre a través de una superficie finita limitada por un contorno cerrado y finito.

La fórmula [1], una vez que por la transformación de Stokes reemplazamos el flujo del rot. $\vec{E}$, por la circulación de $\vec{E}$ a lo largo de un contorno cerrado, traduce y eleva a hipótesis el hecho de experiencia que todos conocéis: si varía el flujo magnético a través de una superficie S , limitada por un conductor metálico cerrado, en ésta se desarrolla una corriente de inducción, cuya fuerza electromotriz, o sea la circulación del vector eléctrico $\left[\partial V = \frac{\partial V}{\partial t} dl = \vec{E} \cdot d\vec{l} \right]$ es igual y de signo contrario (Lenz) a la velocidad de variación del flujo $\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$ a través de la superficie

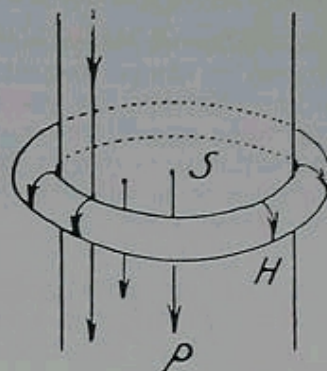


Fig.^a 5.^a

$$\frac{1}{c} \int_S \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \cdot d\vec{s} = - \int_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \text{rot. } \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

De aquí se deduce [1] que, en último término, se limita a identificar dos vectores axiales, rot. $\vec{E}$ y $\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$, estableciendo que el torbellino de $\vec{E}$ en cada punto procede de la velocidad del vector axial coincidente $\vec{H}$. Pero esta fórmula [1] dice más: que en cada punto del espacio se verifica dicha relación, aunque no exista conductor metálico ni corriente inducida; porque lo que en el metal se verifica (corriente eléctrica) por la posibilidad de circular por él las cargas eléctricas, se admite también en cualquier punto del espacio, aunque no exista ni posibilidad de movimien-

tos, ni siquiera cargas, persistiendo en todo el espacio la relación entre $\vec{E}$ y $\vec{H}$, ya que subsisten $\vec{E}$ y $\vec{H}$ en todo el espacio.

Y así como un campo electrostático $\vec{E}$ no produce campo magnético, así un campo magnético permanente, estacionario, no crea torbellino eléctrico; era preciso que se movieran las cargas para que el campo magnético apareciera, y es preciso que varíe el campo magnético para que el torbellino eléctrico se produzca.

Finalmente, la ecuación [2] procede de aplicar la transformación de Stokes a la

$$\int_{s,c} \frac{1}{c} \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \vec{\rho} \right) \cdot d\vec{s} = \int_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s \text{rot} \vec{H} \cdot d\vec{s}$$

que generaliza un hecho de experiencia: una corriente de intensidad I crea alrededor un campo magnético $\vec{H}$ tal que la circulación de $\vec{H}$ o trabajo del campo magnético cuando la unidad de masa magnética recorriera una línea cerrada rodeando el conductor, vale $4\pi I$. Pues bien, si considero un alambre de sección circular y L es su contorno, sería, en las unidades usuales de medida,

$$\int_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{1}{c} \cdot 4\pi \cdot I = \frac{1}{c} \int_s 4\pi \vec{D} \cdot d\vec{s}$$

reemplazando la corriente o flujo eléctrico total I por $\vec{D} \cdot d\vec{s}$, siendo $\vec{D}$ la densidad de corriente o intensidad a través de la unidad de sección. Si el conductor desaparece, pero existe un campo de $\vec{E}$ y $\vec{H}$, existen estos vectores en todo espacio, subsiste en el contorno cerrado la circulación de $\vec{H}$ y su valor debe seguir siendo el flujo de corriente; y como desapareció la corriente clásica, la de Ohm, el genio de Maxwell ideó e hizo subsistir otra corriente: la de desplazamiento.

Aparece aquí la piedra angular de la teoría electromagnética. La corriente total consta de dos partes: una, la clásica corriente de conducción dada por la ley de Ohm $\vec{I} = \sigma \vec{E}$, donde σ es un coeficiente de conductibilidad que define al conductor; otra, la

corriente de desplazamiento dada, según Maxwell, por $\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$. Y si, aceptando las ideas de Lorentz, la corriente de conducción no es sino el transporte de cargas con velocidad $\vec{v}$, reemplazaremos $4\pi\sigma\vec{E}$ por $\rho\vec{v}$, y entonces

$$\int_L \vec{H} d\vec{l} = \frac{1}{c} \int_s \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \rho \vec{v} \right) d\vec{\sigma}$$

queda justificada.

Insistamos en la interpretación física de la corriente de desplazamiento. Imaginemos en el espacio material o en el éter dos pequeñas láminas conductoras $d\sigma$ orientadas normalmente a las líneas de vector $\vec{E}$, y distantes entre sí dl ; ambas forman un pequeño condensador cuya carga es $q = \frac{\Delta V}{4\pi \cdot dl} d\sigma$, o bien, por ser $\Delta V = \vec{E} \cdot d\vec{l}$, $q = \frac{d\sigma}{4\pi} \cdot \vec{E}$. Si se produce una variación del campo, tendremos $\frac{dq}{dt} = \frac{d\sigma}{4\pi} \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, lo que representa una alteración de carga en las armaduras, equivalente al paso de una corriente de intensidad $i = \frac{d\sigma}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, o a una densidad de corriente $\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$. Pues bien, aunque no estén enlazadas por un conductor ambas armaduras, aunque suprimamos las armaduras mismas, entre dos elementos $d\sigma$ en presencia, cuando se produzca la variación de $\vec{E}$ quedará definida la expresión $\frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, y, por tanto, la corriente de desplazamiento, aunque no existe transporte real de cargas eléctricas de una a otra superficie.

Llenad el espacio de un dieléctrico y entonces las cargas moleculares, que no son cargas libres, se orientarán de modo variable siguiendo las fluctuaciones del campo, cual las moléculas de una cuerda vibrante por la que pasa una onda en vibración longitudinal, y si no existe verdadera corriente de conducción existirá al menos una corriente de polarización; y en un corte o superficie normal, las cargas moleculares pasarán a un lado y otro de la

sección y producirán una verdadera corriente de desplazamiento.

Pero aun más, suprimid todo medio material, dejad sólo el vacío, el éter. Este, cual fluido elástico perfecto, sufrirá las fluctuaciones del campo; un tubo de éter cual un tubo sonoro, tubo de aire, sufrirá variaciones de tensión, cual si estuviera sometido a tracciones a lo largo de las líneas de vector $\vec{E}$, y el cambio de valor de $\vec{E}$ alterará estas tensiones, y por el éter circulará esa corriente de desplazamiento, ahora variaciones de tensión, cual pasa la onda por el tubo sonoro, aunque no haya transporte de materia desde una sección a otra del tubo.

Y como el éter todo lo llena, conductores y dieléctricos, siempre existirá en todos los puntos del espacio la corriente de desplazamiento, superpuesta a la corriente de conducción o de polarización o a ambas en los semiconductores o aisladores imperfectos.

Esta última ecuación [2] significa, pues, físicamente, que la densidad total de corriente es igual al torbellino magnético, $\text{rot. } \vec{H}$. Existe, pues, torbellino magnético en cuanto el vector eléctrico $\vec{E}$ varíe o haya transporte de carga; o al contrario, si queréis: el torbellino magnético es el que, cual invisible ciclón, perturba y agita el éter (atmósfera ideal) produciendo la corriente de desplazamiento, y al tropezar con cargas ρ las arrastra en corriente de conducción, cual el ciclón de mi imagen arrastra las partículas y objetos en suspensión en la atmósfera.

* * *

Señores, la limitación que impone la discreción más elemental en un conferenciante me obliga a terminar esta charla, a pesar de la amplitud del tema. Sólo he pretendido en ella recordaros la frase de Échegaray: la ciencia, aun la más sublime, no es sino sentido común a alta presión. Si no lo conseguí, es porque a Échegaray se le puede suceder en la cátedra, pero no en el talento y en la sabiduría.

Hace años que la Universidad Central llamó a su seno a vuestro Échegaray, dando así una prueba de su amplitud de espíritu, que no reconoce otras jerarquías que las del saber. Imaginad la satisfacción que en nosotros, catedráticos, habrán producido estas

conferencias de confraternidad científica, aunque la elección de personas, en lo que a mí se refiere, no haya sido un gran acierto.

Es indispensable, señores, que la juventud se eduque con gran amplitud de ideales; que desaparezca todo espíritu cerrado de cuerpo y clase; que los españoles no estemos clasificados arcaicamente en grupos que nos separen y dividan, sino que, inspirados en el amor sublime a la Patria y a la Humanidad, trabajemos todos para que España ocupe el puesto que en la Ciencia mundial le corresponde por su tradición y por su historia.

5. Bibliografía

Aunque Averroes, en su paráfrasis a Ptolomeo, recuerda que había visto algo negruzco, cuando observó la conjunción del Sol y Mercurio que había calculado.

Nicolai Copernici, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Lib. X.

La siguiente bibliografía consta de dos bloques diferenciados. El primero de ellos contiene las referencias bibliográficas de todas las publicaciones localizadas de Pedro Carrasco Garrorena. El segundo bloque presenta todas las referencias bibliográficas que se han ido citando en el texto principal. Por último, se listan los archivos y bibliotecas más importantes que se han consultado.

Respecto a la lista de obras localizadas de Pedro Carrasco Garrorena, somos conscientes de que la recopilación es incompleta. Hemos consultado algunas colecciones completas de publicaciones periódicas como los *Anuarios* del Observatorio Astronómico de Madrid o la *Revista Geográfica*. Pero faltan, por ejemplo, los artículos que Pedro Carrasco escribiera en su juventud para la publicación *Pax-Augusta* de la que sólo hemos localizado un ejemplar. Tampoco hemos podido tener acceso al *Boletín del Observatorio Astronómico de Madrid*, donde seguro que Carrasco tiene un buen número de contribuciones. También pensamos que Carrasco pudo escribir más artículos de divulgación en revistas culturales mexicanas durante su exilio, además de los que ya hemos localizado en *Romance*.

Obras localizadas de Pedro Carrasco Garrorena

- Carrasco, P. (1901a) “La misma causa...” *Pax-Augusta* I(12), 2 [Poesía].
- (1901b) “El niño Dios. Cuento de Noche-Buena” *Pax-Augusta* I(12), 2-4.
- [—] (1901c) “La poesía popular extremeña” *Pax-Augusta* I(12), 5-6.
- (1905a) “Poderes rotatorios” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 315-316.
- (1905b) “Composición de vibraciones rectangulares” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* III, 405-406.
- (1905c) “Fórmula empírica del poder rotatorio del cuarzo” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 427-431.
- (1906) *Dispersión rotatoria. Estudio del poder rotatorio* (Madrid: Jaime Ratés).
- (1908) “Cháchara” *Archivo Extremeño* 7, 213-215. (Año I)
- (1909) “Sobre la determinación del índice de refracción de un prisma” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 334-339.
- (1912a) “El astigmatismo de los resaltos cóncavos esféricos” *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 651-671. [Número de febrero].
- (1912b) “Una nueva montura automática de resalto cóncavo” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 187-190. [Número de mayo].
- (1912c) “Determinación de la distancia focal de un espejo cóncavo” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 191-192. [sección “Experimentos de cátedra”; número de mayo].
- (1913) “Observaciones espectrográficas del eclipse de sol del 17 de abril de 1912”. En: *Actas del Congreso de la Asociación Española para el Progreso de la Ciencia*, Sección 2ª.—Astronomía y Física del Globo, 175-231.

- (1914a) “El eclipse de sol de 17 de abril de 1912: su naturaleza en la zona española” *Anales de la sociedad de Física y Química*, 482-499. [También apareció en una memoria de la comisión oficial publicada por el Observatorio Astronómico y en la *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América* **40**, 1915].
- (1914b) “Observations physiques faites a Theodosia pendant l’eclipse totale de Soleil du 21 Aout 1914” *Comptes Rendus de la Academie des Sciences* V(CLIX), n° 22, 740-741.
- (1914c) “Nueva raya coronal” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 510-512. [También en *Nature y Montly Notices*].
- (1915a) “Sonnenfinsternis vom 21 august 1914” *Astronomischen Nachrichten* **4785**, 147-148.
- (1915b) “Sur la existence de serie de lignes dans l’espectre de la couronne” *Comptes Rendus de la Academie des Sciences*, V(CLXI), 631-632. [También en *Nature y Monthly Notices*].
- (1915c) “Observaciones espectrográficas del eclipse de sol del 17 de abril de 1912” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **XIII**, 181-238. [Varias notas en *Nature* y en Actas del Congreso de Madrid de 1913 de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias].
- (1915d) “Estudios teóricos sobre los espectros de líneas de la Corona Solar I” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 469-477. [noviembre].
- (1916a) “Estudios teóricos sobre los espectros de líneas de la Corona Solar II” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 242-248. [abril].
- (1916b) “Estudios teóricos sobre los espectros de líneas de la Corona Solar II[III]” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 267-271.[abril].
- (1916c) “Estudios teóricos sobre los espectros de líneas de la Corona Solar II[IV]” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, 305-312.
- (1916d) “Teoría de la relatividad”. En: Ateneo de Madrid: *Estado actual, métodos y problemas de las ciencias* (Madrid: Imprenta Clásica Española).
- (1917) “Echegaray” *Revista de la Sociedad Matemática Española* **51**, 2-6.
- (1918) “Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas, que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo” *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **XVII**, 201-216.[octubre–noviembre–diciembre].
- (1919a) “Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas, que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo (conclusión)” *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **XVIII**, 340-357.[enero–febrero–marzo].
- (1919b) “Método para determinar la velocidad de la luz” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **17**, 296-306.
- (1919c) “Método para determinar la velocidad de la luz (conclusión)” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **17**, 316-330.
- (1920a) “Estado presente de la teoría de la relatividad: El eclipse de Sol del 29 de Mayo de 1919” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **18**, 2ª parte, 67-73.

- (1920b) “Estado actual de la teoría de la relatividad: Consecuencias de las últimas observaciones” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **18**, 2ª parte, 93-100.
- (1920c) “Nova Cygni – 1920. Estudio de la primera fase espectral”. En: *Anuario del Observatorio de Madrid para 1921* (Madrid: Imprenta de la casa editorial de Bailly-Bailliere), 277-309.
- (1921) “El laboratorio Astrofísico del Observatorio de Madrid”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1922* (Madrid).
- (1922) “Observaciones actinométricas verificadas en San Pedro del Pinatar en julio de 1922”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1923* (Madrid).
- (1924) “La nueva ecuatorial Grubb”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1925* (Madrid: Samarán y Cía.).
- (1925a) *Elementos de física general* (Madrid: Librería de Victoriano Suárez).
- (1925b) *Las sustancias primordiales en Física* (Madrid: Imprenta Colonial).
- (1925c) “Estudio del anteojo meridiano”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1926* (Madrid: Samarán y Cía.).
- (1926a) *El significado de las ecuaciones generales del campo electromagnético* (Madrid: Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos).
- (1926b) “Estudio del objetivo de 40 cm de la ecuatorial de Grubb”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1927* (Madrid: Samarán y Cía.).
- (1927a) *Estudio de las aberraciones de un objetivo astronómico Grubb de 40 cm.* (Madrid: Imprenta Clásica). [Es tirada aparte de la Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid XXIII, 18 págs].
- (1927b) “Estudio y ajuste de la ecuatorial fotográfica de 40 cm del observatorio de Madrid”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1928* (Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral).
- (1928a) *Sobre la influencia de los errores de instalación y ajuste de una montura ecuatorial, en las observaciones astronómicas* (Madrid, Imprenta Clásica).
- (1928b) *Filosofía de la Mecánica*, (Madrid: Editorial Páez).
- (1928c) “Determinación de la hora local por observaciones meridianas y determinación internacional de diferencias de longitudes”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1929* (Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral).
- (1929a) “Contribución al análisis armónico de las funciones experimentales” *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **XXVII**, 555-560.
- (1929b) *La investigación de periodicidades y la actividad solar* (Madrid: imprenta artística Sáez Hermanos).
- (1930) “La temperatura de las estrellas”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1931* (Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral).
- (1931) “El gran telescopio de Herschel-Mendoza, adquirido para Madrid a fines del siglo XVIII” *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **26**, 51-59.
- (1932) “Discurso del Ilmo. Sr. D. Pedro Carrasco, Académico de la de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales, Catedrático de la Universidad Central”.

- En: *Excelentísimo Sr. D. José Echegaray y Eizaguirre* (Madrid: C. Bermejo), 19-27.
- (1934) “Prólogo”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1935* (Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral), 5-6.
- [—] P. C. (1934) “Colaboración de España en la Determinación Internacional de Longitudes”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1935* (Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral), 305-318.
- (1935a) “Prólogo”. En: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1936* (Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral).
- (1935b) *La cooperación científica y la Academia de Ciencias* (Madrid: C. Bermejo impresor).
- (1940a) “Las estrellas, el hombre y los perros”. *Romance* (Revista Popular Hispanoamérica) **2**, 4.
- (1940b) “Hacia los abismos del átomo”. *Romance* (Revista Popular Hispanoamericana) **12**, 4.
- (1940c) *El cielo abierto. Razón y vida de las estrellas* (México: Séneca).
- (1940d) *Óptica instrumental* (México: La Casa de España en México).
- (1941a) [Reseña de “Union géodesique et géophysique internationale”]. *Revista Geográfica* **1**, 237.
- (1941b) [Reseña de “Manual of aerial photogrammetry”]. *Revista Geográfica* **1**, 237-238.
- (1941c) [Reseña de “Practical uses of the earth’s magnetism”]. *Revista Geográfica* **1**, 238.
- (1941d) [Reseña de “Aerial photography for hydrographics surveys 1940”]. *Revista Geográfica* **1**, 238.
- (1941e) [Reseña de “Mapping the changing word: suggested development in maps”]. *Revista Geográfica* **1**, 239.
- (1941f) [Reseña de “Cosmografía”]. *Revista Geográfica* **1**, 239-240.
- (1941g) [Reseña de “Manual of Harmonic analysis and prediction of tides”]. *Revista Geográfica* **1**, 240.
- (1941h) [Reseña de “Cosmografía”]. *Revista Geográfica* **1**, 240-242.
- (1941i) [Reseña de “Weather”]. *Revista Geográfica* **1**, 242.
- (1941j) [Reseña de “Observations on temperature, hydrogen-ion concentration, and periods of stagnation and overturning in lakes and reservoirs of San Diego county, California”]. *Revista Geográfica* **1**, 242.
- (1941k) [Reseña de “An analysis of rainfall in the sonoran desert and adjacent territory”]. *Revista Geográfica* **1**, 242-243.
- (1941l) [Reseña de “Proces-vebaux del seances de l’association de meteologie”]. *Revista Geográfica* **1**, 243-244.
- (1941m) [Reseña de “El clima de la Ciudad de México”]. *Revista Geográfica* **1**, 244-245.
- (1941n) [Reseña de “Estudios de las masas de aire norteamericanas y análisis isentrópico”]. *Revista Geográfica* **1**, 245.
- (1941ñ) [Reseña de “Canadian polar year expeditions 1923-33. Territorial Magnetism, Earth-currents, Aurora Borealis”]. *Revista Geográfica* **1**, 246.
- (1941o) [Reseña de “Canadian polar year expeditions. 1932-33. Meteorology. Vol. 1”]. *Revista Geográfica* **1**, 246-247.

- (1941p) [Reseña de la revista “Boletín de la Sociedad Geográfica (La Paz)”]. *Revista Geográfica* **1**, 334.
- (1941q) [Reseña de la revista “Revista Chilena de Historia y Geografía (Santiago de Chile)”]. *Revista Geográfica* **1**, 338-339.
- (1941r) [Reseña de la revista “Anales del Instituto de Ingenieros de Chile (Santiago de Chile)”]. *Revista Geográfica* **1**, 339.
- (1941s) [Reseña de la revista “Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia (Bogotá)”]. *Revista Geográfica* **1**, 343.
- (1941t) [Reseña de la revista “Anales de Ingeniería”]. *Revista Geográfica* **1**, 343-344.
- (1941u) [Reseña de la revista “Revista de la Sociedad Geográfica de Cuba (La Habana)”]. *Revista Geográfica* **1**, 344-345.
- (1941v) [Reseña de la revista “Monthly Weather Review (Washington)”]. *Revista Geográfica* **1**, 345-347.
- (1941w) [Reseña de la revista “Boletín de la Unión Panamericana (Washington)”]. *Revista Geográfica* **1**, 347-349.
- (1941x) [Reseña de la revista “Proceedings of the American Philosophical Society (Philadelphia)”]. *Revista Geográfica* **1**, 350-356.
- (1941y) [Reseña de la revista “Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima”]. *Revista Geográfica* **1**, 368-369.
- (1942a) *La nueva física* (México: Editor El Nacional).
- (1942b) [Reseña de “General Catalogue of 33342 stars for the epoch 1950”]. *Revista Geográfica* **II**, 169-171.
- (1942c) [Reseña de “Catálogo astrofotográfico. 1900. vol. 4, 1º Zona -13º”]. *Revista Geográfica* **II**, 171-172.
- (1942d) [Reseña de “Memoria de la observación del eclipse anular de sol el 7 de abril de 1940 en Chihuahua”]. *Revista Geográfica* **II**, 172.
- (1942e) [Reseña de “Biography of the Earth”]. *Revista Geográfica* **II**, 177.
- (1942f) [Reseña de “Union Geodesique et geophysique internationale”]. *Revista Geográfica* **II**, 180-181.
- (1942g) [Reseña de “Outlines of historical geology”]. *Revista Geográfica* **II**, 189.
- (1942h) [Reseña de “Seismology”]. *Revista Geográfica* **II**, 203.
- (1942i) [Reseña de “Seismicity of the Earth”]. *Revista Geográfica* **II**, 204-205.
- (1942j) [Reseña de “Estudios sismológicos”]. *Revista Geográfica* **II**, 205.
- (1942k) [Reseña de “A study of progressive oscillatory waves in water”]. *Revista Geográfica* **II**, 205-206.
- (1942l) [Reseña de “Dynamic Meteorology”]. *Revista Geográfica* **II**, 208-211.
- (1942m) [Reseña de “Weather analysis and forecasting”]. *Revista Geográfica* **II**, 211-212.
- (1942n) [Reseña de “Physics of the air”]. *Revista Geográfica* **II**, 212.
- (1942ñ) [Reseña de “El mar acuario del mundo”]. *Revista Geográfica* **II**, 220.
- (1942o) [Reseña de “Proceedings of the eighth american scientific congress”]. *Revista Geográfica* **II**, 306-309.
- (1942p) [Reseña de la revista “Revista Brasileira do Geografia (Río de Janeiro)”]. *Revista Geográfica* **II**, 324-327.
- (1942q) [Reseña de la revista “Revista da Sociedade de Geografia do Rio de Janeiro (Río de Janeiro)”]. *Revista Geográfica* **II**, 327-328.

- (1942r) [Reseña de la revista “Revista Chilena de Historia y Geografía (Santiago de Chile)”]. *Revista Geográfica* **II**, 340-341.
- (1942s) [Reseña de la revista “Boletín de la Unión Panamericana (Washington)”]. *Revista Geográfica* **II**, 343-347.
- (1942t) [Reseña de la revista “Carnegie Institution of Washington (Washington)”]. *Revista Geográfica* **II**, 347.
- (1942u) [Reseña de la revista “Journal of the Washington Academy of Sciences (Washington)”]. *Revista Geográfica* **II**, 361-362.
- (1942w) [Reseña de la revista “Monthly Weather Review (Washington)”]. *Revista Geográfica* **II**, 362-366.
- (1942x) [Reseña de la revista “Monthly Weather Review. Supplement (Washington)”]. *Revista Geográfica* **II**, 366-367.
- (1942y) “Primer congreso panamericano de ingeniería de minas y geología”. *Revista Geográfica* **II**, 412-413.
- (1942z) “Primer congreso nacional de matemáticas en México”. *Revista Geográfica* **II**, 428.
- (1942aa) “Informaciones varias”. *Revista Geográfica* **II**, 460-464.
- (1943a) [Reseña de “Air-age education series”]. *Revista Geográfica* **III**, 148-149.
- (1943b) [Reseña de “Los sondeos de la atmósfera con meteorógrafos, utilizando aeroplanos”]. *Revista Geográfica* **III**, 155-156.
- (1943c) [Reseña de “Meteorología aeronáutica”]. *Revista Geográfica* **III**, 156.
- (1943d) [Reseña de “Oceanography for meteorologists”]. *Revista Geográfica* **III**, 160-161.
- (1944a) [Reseña de “Galaxies”]. *Revista Geográfica* **IV**, 126-127.
- (1944b) [Reseña de “The star finder”]. *Revista Geográfica* **IV**, 127-128.
- (1944c) [Reseña de “Memoria de la Observación del eclipse total de sol del 25 de enero de 1944, en Chiclayo, Perú”]. *Revista Geográfica* **IV**, 128.
- (1944d) [Reseña de “Weather, an introductory meteorology”]. *Revista Geográfica* **IV**, 141-142.
- (1944e) [Reseña de “Weather around the world”]. *Revista Geográfica* **IV**, 142.
- (1944f) [Reseña de “Solar relations to weather and life”]. *Revista Geográfica* **IV**, 143.
- (1944g) [Reseña de “Upper-wind observations and results obtained on cruise VII of the Carnegie”]. *Revista Geográfica* **IV**, 143-144.
- (1944h) [Reseña de “Meteorological results of cruise VII the Carnegie”]. *Revista Geográfica* **IV**, 144-145.
- (1944i) [Reseña de “Studies of evaporation and transpiration under controled conditions”]. *Revista Geográfica* **IV**, 145-146.
- (1944j) [Reseña de “Hurricanes”]. *Revista Geográfica* **IV**, 146.
- (1944k) [Reseña de “Geographical foundations of national power”]. *Revista Geográfica* **IV**, 176.
- (1944l) [Reseña de “Atlas of world maps”]. *Revista Geográfica* **IV**, 204-206.
- (1945) *Meteorología* (México: Fondo de Cultura Económica).
- (1952) *Una excursión por el Universo*, Colección Cultura para todos n°8 (México: Editorial Patria).

Rusell, H. N.; Dugan, R. S. y Stewart, J. Q (1955) *Cosmografía*, Traducción y nueva redacción sobre astronomía estelar por Pedro Carrasco Garrorena (México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana).

Referencias

- Abellán, J. L. (dir) (1978) *El exilio español de 1939*, Tomo V (Madrid: Taurus).
- Alemañ Berenguer, R. A. (1997) “Errores comunes sobre relatividad entre los profesores de enseñanza secundaria” *Enseñanza de las Ciencias* **15**(3), 301-307.
- Almera, J. (1878) *Cosmogonía y geología* (Barcelona: Librería religiosa).
- Amigó Carruana, J.M. (1889) *Tratado de física elemental* (Tarragona: Establecimiento tipográfico de Adolfo Alegret).
- Anderson, J. (1999) “Meteorological changes during a solar eclipse” *Weather* **54**(7), 207-215.
- Anónimo (s.f.[1911]) *Programa de física general* (Sevilla: Imprenta Andaluza).
- Anónimo (1925) *Programa de física* (Vitoria: Edit. Social Católica).
- Anónimo (1944) “El departamento de geografía de la Facultad de filosofía y letras de la Universidad Nacional de México” *Revista Geográfica* **IV**, 326-338.
- Anónimo (1966) “Un Científico Español Murió en Nuestro País” *El Nacional*, 10 de noviembre de 1966.
- Apraiz, F. (1945) *Las seis dimensiones del espacio físico. Errores de la física actual y naturaleza de la electricidad y el éter* (Las Palmas: Tip. Falange).
- Araya Iglesias, C. (1992) “Ángel Carrasco Garrorena” *El Urogallo-Extremadura* (Junio), 20-23.
- Ascarza, V. F. (s.f.) *Tratado elemental de Física, Química é Historia Natural* (Madrid: El Magisterio Español).
- Bartolucci, J. (1991) “Formación tardía de comunidades científicas. El caso de los astrónomos mexicanos” *Quipu* **8**(3), 361-377.
- Beck, R.; Hilbrecht, H.; Reinsch, K.; Völker, P. (1995) *Solar Astronomy Handbook* (Willmann-Bell).
- Blanco Alcántara, E. (1911) *Programa de ciencias físicas y naturales* (Badajoz: Tipografía y librería de Antonio Arqueros).
- Blázquez Yáñez, D. (1983) *El Cura Mora, liberal y cismático en la alta Extremadura* (Cáceres).
- Bodí i Congrés, S. (1986) *El clima de la Ribera en el siglo XIX*. Publicacions de l'ajuntament de Carcaixent (Série Estudis III), Carcaixent, 1986. Introducció per Francesc Torres Faus: “Salvador Bodí i Congrés (1814–1884). Una aproximació al seu pensament i el seu treball de meteorologia”.
- Bok, B. J. (1982) “Astronomía mexicana, 1930-1950”. En: Moreno Corral, M. A. (eds.) *Historia de la Astronomía en México* (México: Instituto de Astronomía e Instituto de Investigaciones Históricas), 267-280.
- Bonet Bonfil, F. (1868) *Compendio de elementos de física y nociones de química inorgánica* (Barcelona: Imprenta del Diario de Barcelona).
- Boutet de Monvel, B. (1866) *Nociones de física*, traducido por Ramón de la Sagra (París: L. Hachette y Cía.).
- Brisson (1798) *Diccionario Universal de Física*, Tomo IV (E), traducido al castellano y aumentado con nuevos descubrimientos posteriores a su publicación por D.C.C. (Madrid: Imprenta Real).
- Broca, A. (1933) *Manual de física médica*, 3ª edición (Barcelona: Salvat Editores).
- Bromberg, J. (1967) “Maxwell’s Displacement Current and his Theory of Light”

- Archive for History of the Exact Sciences* **4**, 218-234.
- Brush, S. G. (1986) *The kind of motion we call heat*, 2 vols, reimpresión (North-Holland personal library).
- Cabrera, B. (1912-13) “Principios fundamentales de análisis vectorial en el espacio de tres dimensiones y en el Universo de Minkowski” *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **11**, 326-344.
- Cabrera, B. (1917) *¿Qué es la electricidad?* (Madrid: Residencia de Estudiantes).
- Cabrera, B. (1923) *Principio de relatividad. Sus fundamentos experimentales y filosóficos y su evolución histórica* (Madrid: publicaciones de la Residencia de Estudiantes).
- Cabrera Felipe, J. (1947) *Introducción a la física teórica* (Zaragoza: Talleres editoriales “El Noticiero”).
- Camarero, E. G. y E. G. (1970) *La polémica de la ciencia española* (Madrid: Alianza).
- Casares Roldán, J. ([1952]) *Refutación de los fundamentos de la Relatividad* (Granada: Urania).
- Castelfranchi, C. (1932) *Física moderna* (Barcelona: Gustavo Gili).
- Catalán, M. y León, A. (1947) *Física y química. Cuarto curso*, 3ª edición (Madrid: Gráfica Administrativa).
- Caudet, F. (1992) *El exilio republicano en México. Las revistas literarias (1939-1971)* (Madrid: Fundación Banco Exterior).
- Chamorro, R. (1863) “Resumen de las observaciones meteorológicas recogidas en la estación de Alicante por el Sr. D. Rafael Chamorro, Catedrático de Física del Instituto de dicha provincia” *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **XIII**, 483-500.
- Chamorro, R. (1864) “Extracto de las observaciones meteorológicas verificadas en Alicante por D. Rafael Chamorro, durante el eclipse de sol de 18 de julio de 1860” *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **XIV**, 11-16.
- Chamorro, R. (1869) *Nuevo sistema para explicar el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo* (Madrid).
- Chwolson, O. D. (1916-1919) *Tratado de física*, 16 vols., traducción de Juan B. de Aguilar-Amat (Barcelona: Feliú y Susanna Editores). [v. 1: Mecánica instrumentos y métodos de medición.- v. 2: Estado de los cuerpos.- v. 3: Acústica energía radiante.- v. 4: Óptica refracción-aparatos.- v. 5: Difracción doble refracción polarización.- v. 6: Energía calorífica.- v. 7: Termodinámica, fusión , evaporación.- v. 8: Termodinámica propiedad de los vapores-disolución.- v. 9: Campo eléctrico constante.- v. 10: Campo magnético constante (1ª part).- v. 11: Campo magnético constante (2ª part).- v. 12: Campo magnético variable.- v. 13: Teoría de los quanta y estructura del átomo Contiene: v. 14: Radiación estudio de los espectros.- v. 15: Naturaleza de la luz según la teoría de los quanta.- v. 16: Isotopía superconductores.]
- Claver Salas, M. (1953) *Termotecnia*, 5ª edición (Madrid: editorial Dossat).
- Cobos Bueno, J. M. (1994) “Un geómetra extremeño del siglo XIX: Ventura Reyes Prósper”, *Memorias de la Real Academia de Extremadura de las Letras y las Artes* **II**, 91-137.
- Cobos Bueno, J. M. (1995) “Ventura Reyes Prósper” *Revista de Estudios Extremeños*

LI(II), 479–514.

- Cobos, J.M; Peral, D. y Vaquero, J. M. (1998a) “Ciencia en Extremadura en el tránsito del siglo XIX al XX” *Revista de Estudios Extremeños* **LIV** (I), 427-470.
- Cobos Bueno, J. M.; Peral Pacheco, D. y Vaquero Martínez, J. M. (1998b) “Científicos extremeños en la diáspora en el tránsito del siglo XIX al XX” *Revista de Estudios Extremeños* **LIV** (II), 745-782.
- Cobos Bueno, J. M. y Vaquero Martínez, J. M. (1998c): “La física del extremeño José García Mora” *Revista de Extremadura* **26**, 139-152.
- Cobos Bueno, J. M. y Vaquero Martínez, J. M. (2001) *Materiales para una historia de la Ciencia en Extremadura* (Cáceres: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura).
- Comas Solá, J. (1919) Consideraciones sobre la aberración de la luz” *Boletín del Observatorio de Fabra* **1**, 31.
- Cortijo, E. (1982) *Mario Roso de Luna, Teósofo y Ateneísta* (Cáceres: Institución Cultural “El Brocense”).
- Cortijo, E. (1992) *Mario Roso de Luna*, colección “Biografías Extremeñas” (Badajoz: Departamento de Publicaciones de la Diputación Provincial de Badajoz).
- Cruz Cancho, M. C.; Díaz-Pinto Romero, M. A.; Luengo González, R. y Orrego Contreras, M. (1994) “Análisis descriptivo del profesorado y el alumnado durante 150 años”, *Campo Abierto* (monográfico 150 aniversario), 63-89.
- D’asteck Callery, E. A. (1926) “En el mundo del éter” *Radio Sport* **4**, 2-3.[año IV].
- Deguín, M. (1845) *Curso elemental de física*, traducción de Venancio González, 2 tomos (Madrid: Imprenta de D.I. Boix).
- Despretz (1843) *Tratado elemental de física*, traducido al castellano por L. de la Escosura, 4 tomos (París: Librería de Rosa).
- Echegaray, J. (1866) *Historia de las Matemáticas en nuestra España. Discurso de entrada en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Madrid).
- Echegaray, J. (1867) *Teorías modernas de la física* (Madrid: imprenta de Francisco Roig).
- Echegaray, J. (1868) *Tratado elemental de Termodinámica* (Madrid: imprenta de los conocimientos útiles).
- Echegaray, J. (1871) *Teoría matemática de la luz* (Madrid).
- Echegaray, J. (1873) *Teorías modernas de la física*, 2ª edición aumentada (Madrid: imprenta y estereotipia de M. Rivadeneyra).
- Echegaray, J. (1883) *Teorías modernas de la física*, 2ª serie (Madrid: imprenta y librería de J. Gaspar).
- Echegaray, J. (1897) *Resolución de ecuaciones y teorías de Galois* (Madrid: Imp. Fund. y Fáb. de Tintas de los Hijos de J. A. García).
- Echegaray, J. (1905) *Ciencia Popular* (Madrid: Hijos de J. A. García).
- Echegaray, J. (1910) *Vulgarización Científica* (Madrid: Rafael Gutiérrez Jiménez).
- Echegaray, J. (1917) *Recuerdos*, 3 tomos (Madrid).
- Echegaray, J. (1928) *Ciencia Popular* (Madrid).
- Echegaray, J. (1990) *José Echegaray*, editado por J. M. Sánchez Ron (Madrid: Fundación Banco Exterior).
- Edelvives (c.1939) *Nociones de ciencias físicas y naturales*, 9ª edición (Madrid: editorial F. T. D.).

- Einstein, A. (1916) *Letter to H. A. Lorentz, 17 junio 1916* (Einstein Archive, Universidad Hebrea de Jerusalén: 16-453).
- Escolano Benito, A. (dir) *Historia Ilustrada del Libro Escolar en España del Antiguo Régimen a la Segunda República* (Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez y Ediciones Pirámide).
- Escriche Mieg, T. (1891) *Elementos de física y nociones de química* (Barcelona: Imprenta de Pedro Ortega).
- Feliú Pérez, B. (1874) *Curso elemental de física experimental y aplicada y nociones de química inorgánica*, 2ª edición (Valencia: Imprenta de José Rius).
- Feliú Pérez, B. (1890) *Curso elemental de física experimental y aplicada y nociones de química inorgánica*, 7ª edición (Barcelona: Imprenta de Pedro Ortega).
- Feliú Pérez, B. (1896) *Curso elemental de física experimental y aplicada*, 8ª edición (Zaragoza: Tipografía de Comas Hermanos).
- Feliú Pérez, B. (1911) *Curso de física experimental y aplicada*, 10ª edición (Madrid: Imprenta de los Hijos de Gómez Fuentenebro).
- Fernández de Figares, M. (1861) *Manual de física y nociones de química*, 2ª edición (Granada: Imprenta y librería de D. José María Zamora).
- Fernández Sánchez, I. (1876) “Libros de texto” *El Magisterio Extremeño*, 210-212.
- French, A. P. (2000) “Is Maxwell’s Displacement Current a Current?” *Phys. Teach.* **38**, 274-276.
- Fuertes Acevedo, M. (1879) *Curso de física elemental y nociones de química* (Oviedo: Imprenta y litografía de V. Brid).
- Fuertes Acevedo, M. (1882) *Elementos de física y nociones de química*, 2ª edición (Badajoz: La Minerva Extremeña).
- Gallego, M. C. y Vaquero, J. M. (1999): “An observation of parhelia and halo at Valencia (Spain) in 1689” *Weather* **54**(5), 141-143.
- Gallego, M. C.; Vaquero, J. M.; García, J. A. y Cancillo, M. L. (1999): “A measurement of height Teide in 1776” *European Journal of Physics* **20**(5), 321-325.
- Gallo Sarlat, J. (1982a) Joaquín Gallo Monterrubio: astrónomo, universitario y hombre cabal (México: [Autoedición]).
- Gallo Sarlat, J. (1982b) “Entre eclipses y cometas: reminiscencias de la vida de Joaquín Gallo”. En: Moreno Corral, M. A. (eds.), *Historia de la Astronomía en México* (México: Instituto de Astronomía e Instituto de Investigaciones Históricas), 245-266.
- Ganot, A. (1858) *Tratado elemental de física...*, traducido por José Monlau, 2ª edición corregida, aumentada y adicionada por J. M. Pérez (Madrid: Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1860) *Tratado elemental de física...*, vertido al castellano y adicionado por A. Sánchez de Bustamante (Paris: Rosa y Bouret).
- Ganot, A. (1862) *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée et de météorologie, dixième édition* (Paris: Chez L’auteur-éditeur).
- Ganot, A. (1864) *Tratado elemental de física...*, traducido por José Monlau, 4ª ed. española revisada y aumentada según la última edición francesa por José Canalejas y Casas (Madrid : Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1865) *Tratado elemental de física ...*, traducido por Jose Monlau, 4ª ed. española rev. y aum. según la última ed. francesa por José Canalejas y Casas

- (Madrid: Carlos Bailly-Bailliere, Librería Extranjera y Nacional, Científica y Literaria ; Paris: J. B. Bailliere e hijo; Londres: H. Bailliere; Nueva-York: Bailliere hermanos).
- Ganot, A. (1867) *Tratado elemental de física...*, traducido por José Monlau, 4ª ed. rev. y aum. según la última ed. francesa por José Canalejas y Casas (Madrid : Carlos Bailly-Bailliere: Librería Extranjera y Nacional, Científica y Literaria).
- Ganot, A. (1868) *Tratado elemental de física...*, vertido al castellano y adicionado por A. Sánchez de Bustamante (Paris: Rosa y Bouret).
- Ganot, A. (1870) *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*, vertido al castellano y adicionado por A. Sánchez de Bustamante (Paris: Librería de Rosa y Bouret).
- Ganot, A. (1872) *Tratado elemental de física...*, vertido al castellano y adicionado por A. Sanchez de Bustamante (Paris: Librería de Rosa y Bouret ; Madrid: librería de A. de S. Martín).
- Ganot, A. (1876) *Tratado elemental de física...*, 7ª ed. española traducida de la ultima edición francesa, anotada y ampliada por Eduardo Sánchez Pardo y Eduardo León Ortiz (Madrid: Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1877) *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*, vertido al castellano y adicionado por A. Sánchez de Bustamante, segunda traducción aumentada (Madrid: Librería de G. Hernando).
- Ganot, A. (1881): *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*, 8ª edición española adicionada por Eduardo Sánchez Pardo (Madrid: Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1882) *Tratado elemental de física...*, 8ª ed. española, traducida de la última edición francesa y adicionada por Eduardo Sánchez Pardo (Madrid: Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1882) *Tratado elemental de física...*, vertido al castellano y adicionado por A. Sanchez Bustamante (Madrid: librería de G. Hernando; Barcelona: librería de J. y A. Bastinos).
- Ganot, A. (1884a) *Tratado elemental de física...*, vertida al castellano con presencia de la antigua y acreditada traducción de D. A. Sánchez de Bustamante por Mariano Urrabieta, 18ª y última edición (París-México: Librería de Ch. Bouret).
- Ganot, A. (1884b) *Tratado elemental de física...*, 9ª ed. española, 3ª tirada aum., adic. y amp. por Eduardo Sanchez Pardo (Madrid: Carlos Bailly-Bailliere, Librería Extranjera y Nacional, Científica y Literaria).
- Ganot, A. (1890) *Tratado elemental de Física...*, vertido al castellano y adicionado por A. Sanchez de Bustamante, segunda traducción aumentada con 144 grabados nuevos autorizada por el autor y arreglada á la última edición francesa, novisima edición aumentada con los problemas de Física por D. Felipe Picatoste (Madrid : Librería de la viuda de Hernando y Cª).
- Ganot, A. (1891) *Tratado elemental de física...*, 10ª ed. española traducida por Eduardo Sanchez Pardo y nuevamente revisada y ampliada por Ramón Escandón (Madrid: Libreria editorial de Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1891) *Tratado elemental de física...*, 10ª ed. española, 2ª tirada traducida por Eduardo Sanchez Pardo; y nuevamente rev. y amp. por Ramón Escandón (Madrid: Librería Editorial de Carlos Bailly-Bailliere).

- Ganot, A. (1892) *Tratado elemental de física...*, traducido por D. Eduardo Sanchez Pardo y nuevamente revisada y ampliada por D. Ramón Escandón, 10ª ed., 2ª tirada (Madrid: Librería editorial de D. Carlos Bailly-Bailliere).
- Ganot, A. (1900) *Tratado elemental de física*, versión española por Francisco Gutiérrez Brito, 22ª ed. enteramente refundida y redactada de nuevo por G. Maneuvrier (Paris: Librería de la Vda. de CH. Bouret: Librería de Hachette y Cie.).
- Ganot, A. (1904) *Popular natural philosophy*, traducido y editado por E. Atkinson, revisado por A. W. Reinhold (New York: J. A. Hill, 1904).
- Ganot, A. (1905) *Tratado elemental de física...*, 14ª edición española revisada y ampliada por Eugenio Guallart (Madrid: Bailly-Baillière e Hijos).
- Ganot, A. (1909) *Tratado elemental de física experimental y razonada y nociones de meteorología y climatología*, 15ª edición, reformada y ampliada por Eugenio Guallart (Madrid: Imprenta de Bailly-Bailliere é hijos).
- Garagarza Dujiols, F. (1892) *Instrumentos y aparatos de física de aplicación a la farmacia* (Madrid: Librería de la viuda de Hernando y C.ª).
- García Doncel, M. (1982) *De la física mecanicista a la teoría de campos* (Santander: Aula de Cultura Científica).
- García Mora, J. (1909) *Apuntes sobre física y otras materias* (Plasencia: M. Ramos).
- García de Pedraza, L. y Giménez de la Cuadra, J. M. (1985) *Notas para la Historia de la Meteorología en España* (Madrid: Instituto Nacional de Meteorología).
- Glick, T. F. (1986) *Eintein y los españoles. Ciencia y sociedad en la España de entreguerras* (Madrid: Alianza Editorial).
- Gómez-Heras, J. M. (1975) *Cultura burguesa y restauración católica* (Salamanca: Sígueme).
- Gómez Mendoza, A. (1982) *Ferrocarriles y cambio económico en España (1855-1913)* (Madrid: Alianza).
- González Martí (1904) *Tratado de física*, Tomo 1 [sin lugar de impresión ni impresor en el ejemplar utilizado].
- González Valledor, V. y Chávarri, J. (1851) *Programa de un curso elemental de física y nociones de química*, 2ª edición (Madrid: Imprenta del colegio de sordomudos).
- González Valledor, V. y Chávarri, J. (1856) *Programa de un curso elemental de física y nociones de química*, 4ª edición (Madrid: Imprenta del colegio de sordomudos).
- González Valledor, V. y Chávarri, J. (1857) *Programa de un curso elemental de física y nociones de química*, 5ª edición (Madrid: Imprenta del colegio de sordomudos).
- González Valledor, V. y Chávarri, J. (1868) *Programa de un curso elemental de física y nociones de química*, 9ª edición (Madrid: Imprenta del colegio de sordomudos).
- González Valledor, V. y Chávarri, J. (1870) *Programa de un curso elemental de física y nociones de química*, 10ª edición (Madrid: Imprenta del colegio de sordomudos).
- Grove, William Robert (1856) *Corrélation des forces physiques*, par W. R. Grove; ouvrage traduite en français par l'Abbé Moigno, notes par Seguin Ainé (Paris: A. Tramblay).

- Gutiérrez de McGregor, M. T. (1991) "Pedro Carrasco, físico y astrónomo". En: *Cincuenta años del exilio español en la UNAM* (México: UNAM Coordinación de Difusión Cultural), p. 149-154.
- Hankins, T. L. (1979) "In Defence of Biography: the Use of Biography in the History of Science" *Hist. Sci.* **xvii**, 1-16.
- Harman, P. M. (1982) *Energy, Force and Matter. The conceptual Development of Nineteenth Century Physics*. Cambridge, Cambridge Univ. Press. Trad. Castellana: *Energía, fuerza y materia. El desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Alianza Universidad 653. Madrid, Alianza Editorial, 1990.
- Hendrick, R. M. (1992) "The Role of History in Teaching Science – A case Study. The Popularization of Science in Nineteenth-Century France", *Science & Education* **1**, 145-162.
- Holbrow, C. H. (1999) "Archaeology of a Bookstack: Some Major Introductory Physics Texts of the Last 150 Years" *Physics Today* **52**(3), 50-56.
- Iglesias, E. (1894) *Elementos de electricidad y magnetismo* (Madrid: Imprenta de la "Revista de Navegación y Comercio").
- Iglesias Ejarque, E. (1897) *Elementos de física* (Jerez: Imprenta de Crespo Hermanos).
- Iglesias Ejarque, E. (1911) *Elementos de física*, 5ª edición (Vitoria: Establecimiento tipográfico de Domingo Sar).
- Iglesias Ejarque, E. (1915) *Elementos de física*, 6ª edición (Vitoria: Establecimiento tipográfico de Domingo Sar).
- Iglesias Ejarque, E. (1924) *Elementos de física*, 8ª edición (Valladolid: Imprenta y librería de Andrés Martín Sánchez).
- Illy, J. (1981) "Revolutions in a revolution" *Stud. Hist. Phil. Sci.* **12**, 173-210.
- Instituto Luis Vives (s.f.) *Reglamento General* (México)
- Instituto Luis Vives (1989) *Instituto Luis Vives, Colegio Español de México 1939-1989* (México).
- J. A. V. [Jorge A. Vivó] (1942a) "Curso de geografía para el servicio de guerra en la Universidad Nacional de México". *Revista Geográfica*, **II**, 439-444.
- J. A. V. [Jorge A. Vivó] (1942b) "La organización del Departamento de Geografía en la Universidad Nacional de México". *Revista Geográfica*, **II**, 444-450.
- Janet, P. A. R. (1882) *Tratado elemental de filosofía para uso de los establecimientos de enseñanza*, traducido al español de la última edición francesa por Mariano Urrabieta (México: C. Bouret).
- Kelly, E. M. (1986) "Interferometric ether-drift experiments nullified by resynchronization of observer's clocks" *Optics Letters* **11**, 697-699.
- Kleiber, J. y Karsten, B. (1921) *Tratado popular de física*, 4ª edición, 3ª tirada (Barcelona: Gustavo Gili).
- Knudsen, O. (1976) "The Faraday Effect and Physical Theory, 1845-1873" *Archive for History of the Exact Sciences* **15**, 235-281.
- Kostro, L. (1985) "Planck's constant and the three waves (TWs) of Einstein's covariant ether" *Physics Letters* **112a**, 283-287.
- Kostro, L.; Lange, B. (1999) "The Cultural (Scientific, Philosophical and Sociological) Context of A. Einstein's Denial of the Ether in 1905 and of its Reintroduction, in a relativistic way, in 1916" *Science as Culture* (Como: University of Pavia).

- Kunh, T. S. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas* (México: Fondo de Cultura Económica).
- La Condamine, C. M. de (1962) *Viaje a la América Meridional*, 4ª edición (Madrid: Espasa-Calpe).
- Lafuente, A. (1977) “Apuntes sobre la relatividad en España”, *LLULL* 1(1), 35-43.
- Lafuente, A. (1978) “La hipótesis del éter en España”, *LLULL* 2(3), 15-28.
- Lida, C. E. y Matesanz, J. A. (1990) *El Colegio de México: una hazaña cultural 1940-1962* (México: El Colegio de México).
- Liso y Torres (s.f.) *Programa de elementos de física* (Toledo: Florentino Serrano, impresor).
- López Gómez, F. (1868) *Programa explicado de Física y Química* (Valladolid).
- López Piñero, J. M. (1979) *Ciencia y Técnica en la Sociedad Española de los Siglos XVI y XVII* (Barcelona: Editorial Labor).
- López Piñero, J. M.; Glick, T. F.; Navarro Brotóns, V. y Portela Marco, E. (1983) *Diccionario Histórico de la Ciencia Moderna en España*, 2 volúmenes (Barcelona: Ediciones Península).
- Lozano Ponce de León, E. (1875) “Programas y libros de texto” *El Magisterio Extremeño*, 265-266.
- Lozano, E. (1890) *Elementos de física* [1ª edición] (Barcelona: Imprenta de Pedro Ortega).
- Lozano, E. (1890) *Elementos de física*, 2ª edición (Barcelona: Imprenta de Jaime Jepús y Roviralta).
- Lozano, E. (1893) *Elementos de física*, 3ª edición (Barcelona: Imprenta de Jaime Jepús y Roviralta).
- Lozano, E. (1898) *Elementos de física*, 6ª edición (Barcelona: Imprenta de Jaime Jepús y Roviralta).
- Lozano, E. ([1899]) *Física* (Barcelona: Manuales Soler).
- Lozano, E. (s.f.[ca. 1935]) *Física* (Barcelona: Manuales Gallach, Espasa-Calpe).
- Lozano Mejía, J. M. (1991) “La física y las matemáticas”. En: *Cincuenta años del exilio español en la UNAM* (México: UNAM Coordinación de Difusión Cultural), p. 141-147.
- Lucini, M. (1966) *Principios fundamentales de las nuevas mecánicas (relativista, ondulatoria, cuántica)* (Barcelona: Labor).
- Marquez y Chaparro, B. (1886) *Resumen de un curso de elementos de física experimental y nociones de química*, 2 volúmenes (Sevilla: Imprenta y litografía de José Mª Ariza).
- Martín de Argenta, V. y Martínez Pacheco, J. (1893) *Nuevo tratado de física y química*, 2 volúmenes (Madrid: Librería de Victoriano Suárez).
- Maxwell, J. C. (1855) “On Faraday’s Lines of Force” *Cambridge Philosophical Transactions* 10, 27-83.
- Maxwell, J. C. (1861) “On physical Lines of Force” *Philosophical Magazine and Journal of Science* 21, 161-175, 281-291; (1862) 23, 12-24.
- Maxwell, J. C. (1865) “A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field” *Philosophical Transaction* 155, 456-512.
- Maxwell, J. C. (1873) *A Teatrise on Electricity and Magnetism*, 2 vols. (Oxford: Claredon).

- Maxwell, J. C. (1998) *Escritos científicos*, edición bilingüe preparada por José Manuel Sánchez Ron (Madrid: Centro Superior de Investigaciones Científicas).
- McCormmach, R. (1970) "H. A. Lorentz and the electromagnetic view of nature" *Isis* **61**, 459-497.
- Mingarro, A. y Aleixandre, V. (1941) *Física y química II* (Madrid).
- Mingarro, A. y Aleixandre, V. (1942) *Física y química I* (Madrid: Editorial Suma).
- Mir Peña, J. (1929) *Física razonada* (Granada: Imprenta Editorial Urania).
- Monzón González, J. (1928) *Nociones de física y química* (Madrid: Sucesores de Rivadeneyra).
- Moreno Alcañiz, E. (1939) *Física y química*, 3ª edición (Zaragoza: Herald de Aragón).
- Moreno Corral, M. A. (eds.) (1982) *Historia de la Astronomía en México* (México: Instituto de Astronomía e Instituto de Investigaciones Históricas).
- Moreno González, A. (1988) *Una ciencia en Cuarentena. La física académica en España (1750-1900)* (Madrid: Centro Superior de Investigaciones Científicas).
- Moreno González, A. (1998a) "La España finisecular del XIX: ciencia, política y cultura (I)" *Revista Española de Física* **12**(2), 2-6.
- Moreno González, A. (1998b) "La España finisecular del XIX: ciencia, política y cultura (II)" *Revista Española de Física* **12**(3), 10-14.
- Moreno González, A. (1998c) "La Sociedad Española de Física y Química: una institución para la regeneración patria" *Revista Española de Física* **12**(4), 14-17.
- Moreno González, A. y Sánchez Ron, J. M. (1988) "La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas: la vida breve de una fundación ahora octogenaria" *Mundo Científico* **65**, enero, 18-33.
- Morquencho Palma, G. (1845) *Manual o resumen de un curso de física experimental, y nociones de química* (Madrid: Imprenta y librería de D. Ignacio Boix).
- Muro Castillo, M. (1999) "La fotografía en Extremadura. Tránsito del siglo XIX al XX" *Revista de Estudios Extremeños* **LV**(I), 137-167.
- Navarro Brotóns, V. (1983) *La Física en la España del Siglo XVIII*. En: *Historia de la Física hasta el Siglo XIX* (Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales).
- Navasa Pérez, E. y Ruiz de Clavijo Aragón, E. (1945) *Tratado de física general* (Madrid: Instituto Editorial Reus).
- Nicholson, J. W. (1916) "The nature of the Coronium Atom" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **76**, 415-418.
- Núñez Ruiz, D. (1977) *El darwinismo en España* (Madrid: Castalia).
- Observatorio de Madrid (1906) *Resumen de las observaciones meteorológicas efectuadas en la península y en algunas de sus islas adyacentes durante los años 1899 y 1900* (Madrid: Imprenta de Bailly-Bailliere é Hijos).
- Observatorio de Madrid (1910) *Anuario del Observatorio de Madrid para 1911* (Madrid: Imprenta de la Casa Editorial Bailly-Bailliere).
- Palacios, J. (1930) *Física para médicos* (Toledo: Est. Tip. de A. Medina).
- Palacios, J. (1958) *Termodinámica y mecánica estadística*, nueva edición reformada (Madrid: Espasa-Calpe).
- Pannekoek, A. (1989) *A History of Astronomy* (New York: Dover Publications)

- Paz Sabugo, M. (1892) *Definiciones, principios y leyes de la física* (Badajoz: Tipografía La Económica).
- Pecellín Lancharro, M. (1987) *El krausismo en Badajoz: Tomás Romero de Castilla* (Badajoz: Diputación Provincial).
- Pedersen, K. M. (2000) "Water-filled telescopes and the pre-history of Fresnel's ether dragging" *Arch. Hist. Exact. Sci.* **54**, 499-564.
- Pedraja Muñoz, F. (1980) "Garrorena y su cine en color" *Alminar*, nº 19, noviembre.
- Pérez García, M. C. y Muñoz Box, F (1988) *La Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. En: Esteban Piñeiro et Al., *Estudios sobre Historia de la Ciencia y de la Técnica*, 2 vols. (Junta de Castilla y León).
- Pérez González, F. T. (1987) *La introducción del Darwinismo en la Extremadura decimonónica* (Cáceres: Diputación Provincial).
- Pérez González, F. T. (coord.) (1990) *Los orígenes de la Enseñanza Media. Badajoz siglo XIX* (Badajoz: Junta de Extremadura).
- Pérez Martín, A. y Monzón González, J. (1929) *Física* (Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes).
- Picatoste, F. (1889) *Elementos de física y química* (Madrid: Librería de la Vda. de Hernando y C.^ª).
- Pina Vidal, A. A. (1887) *Principios de physica* (Lisboa: Typographia da Academia Real das Ciencias).
- Pinaud (1847) *Programa de un curso elemental de física*, traducción de Florencio Martín y Castro (Cáceres: Imprenta de Concha y C.^ª).
- Pishmish, P. (1982) "El amanecer de la astrofísica en México". En: Moreno Corral, M. A. (eds.) *Historia de la Astronomía en México* (México: Instituto de Astronomía e Instituto de Investigaciones Históricas), 281-297.
- Pla Cargol, J. (1929) *Física y química* (Gerona: Dalmáu Carles, Pla. S. A., Editores).
- Plans, J. M. (1920) "Nota sobre la forma de los rayos luminosos en el campo de un centro gravitatorio según la teoría de Einstein" *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* **18**, 367-373.
- Plans, J. M. (1921) *Nociones fundamentales de mecánica relativista* (Madrid: Real Academia de Ciencias).
- Postigo, L. (1940) *Química General Aplicada* (Barcelona: Editorial Ramón Sopena, Biblioteca Hispania).
- Puelles Benítez, M. de (1997) "La política del libro escolar en España (1813-1939)". En: Escolano Benito, A. (dir) *Historia Ilustrada del Libro Escolar en España del Antiguo Régimen a la Segunda República* (Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez y Ediciones Pirámide), 47-67.
- Puig Adam, P. (1922) "Resolución de algunos problemas elementales en mecánica relativista restringida" *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* **20**, 161-216.
- Pulido Cordero, M. y Nogales Flores, T. (1989) *Publicaciones periódicas extremeñas 1808-1988* (Badajoz: Diputación Provincial).
- Pulido Corrales, C. (1997) *Inicios del Cine en Badajoz (1896-1900)* (Mérida: Editora Regional de Extremadura).
- Rafael, E. de (1921) "De Relatividad (Apuntes con ocasión de las conferencias de E. Terradas en el Institut)" *Ibérica* **15**, 89-91; 218-221; 376-379.

- Rafael, E. de (1951) "Juventud y formación científica de Terradas", en: Varios (1951) *Discursos pronunciados en la sesión necrológica en honor del Excmo. Sr. D. Esteban Terradas e Illa*, 3–11.
- Ramón Ferrando, F. (1936) *Curso de física*, 3ª edición revisada (Valencia: Gran librería médica).
- Ramos Lafuente, M. (1880) *Elementos de física*, 6ª edición (Madrid: Imprenta y librería de la Vda. e hijo de Aguado).
- Real Academia (1732) *Diccionario de la lengua castellana*, tomo tercero (Madrid: Imprenta de la Real Academia Española).
- Ribera, J.; Nacente, F. y Soler, P. (1895) *Física industrial o física aplicada a la industria, la agricultura, artes y oficios*, 3 volúmenes (Barcelona: J. Romá).
- Ribero Serrano, A. (1844) *Tratado elemental de física elemental y médica*, 2 volúmenes (Madrid: Joaquín del Río).
- Rico Sinobas, M. y Santisteban, M. (1869) *Manual de física y química*, 7ª edición (Madrid: Imprenta de Manuel Minuesa).
- Rico Sinobas, M. y Santisteban, M. (1875) *Manual de física y química*, 8ª edición (Madrid: Imprenta de Manuel Minuesa).
- Rico Sinobas, M. y Santisteban, M. (1882) *Manual de física y química*, 10ª edición (Madrid: Moya y Plaza).
- Rizzotto, M. G. (1999) "Visualizing displacement current –A classroom experiment" *Phys. Teach.* **37**, 398.
- Roca Rosell, A. y Sánchez Ron, J. M. (1990) *Esteban Terradas. Ciencia y Técnica en la España contemporánea*, prólogo de Enric Trillas (Barcelona: INTA/SERBAL).
- Rodríguez, E. (1858) *Manual de física general y aplicada a la agricultura y a la industria*, (Madrid: Eduardo Aguado).
- Rodríguez Carracido, J. (1888) *Concepto actual de elemento químico*. Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Madrid: Imprenta de los Sres. Viuda é hijo de Aguado).
- Rodríguez Largo (1895) *Elementos de física* (Madrid).
- Roche, J. (1998) "The present status of Maxwell's displacement current" *Eur. J. Phys.* **19**, 155-166.
- Roso de Luna, M. (1910) "El nuevo lenguaje del éter" *Revista de Extremadura* **XII**, 225-229.
- Rosser, W. G. V. (1976) "Does the displacement current in empty space produce a magnetic field?" *Am. J. Phys.* **44**, 1221-1223.
- Russell, H. N.; Dugan, R. S. y Stewart, J. Q. (1940) *Astronomy, Vol I. The Solar System* (Boston: Ginn & Company).
- Sallent Delcolombo, E. (2000) "Alessandro Volta: sobre la electricidad excitada por el simple contacto de sustancias conductoras de distintas especies" *LLULL* **23**(48), 763-783.
- Sánchez de Bustamante, A. (1843) *Geografía del Perú, Bolivia y Chile para uso de los colegios y escuelas de las tres repúblicas* (Madrid: Vda. de Calleja e hijos).
- Sánchez Ron, J. M. (coord.) (1988a) 1907-1987. *La Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones científicas 80 años después*, 2 volúmenes (Madrid: CSIC).

- Sánchez Ron, J. M. (1988b) “Éter y relatividad especial; el –¿extraño?– caso británico”. En: M. Esteban Piñeiro, N. García Tapia, L. A. González Arroyo, M. Jalón, F. Muñoz Box e I. Vicente Maroto (coordinadores), *Estudios sobre historia de la ciencia y de la técnica*, Junta de Castilla y León., 1065-1071.
- Sánchez Ron, J. M. (1990) “La Física Matemática en España: de Echegaray a Rey Pastor” *Arbor* **532**, 9-59.
- Sánchez Ron, J. M (1992) “Las ciencias físico-matemáticas en la España del siglo XIX”. En: J. M López Piñero (ed.) *La Ciencia en la España del Siglo XIX* (Madrid: Ayer), 51-84.
- Sánchez Ron, J. M. y Glick T. F. (1983) *La España posible de la Segunda República. La oferta a Einstein de una cátedra extraordinaria en la Universidad Central (Madrid, 1933)* (Madrid: Editorial de la Universidad Complutense).
- Sant, A. (1857) *Physica theoretica et experimentalis ejusque propazines et appendices chimie, astronomie et historia naturalis*. (Caelsonae: Ex. Tip. Petra Sant).
- Santos de Castro, F. (1846) *Curso elemental completo de física experimental*, dos tomos (Sevilla: imprenta de D. F. Álvarez y C^a).
- Santos de Castro, F. (1865) *Resumen de física y nociones de química* (Sevilla: Francisco Álvarez).
- Schaffner, K. F. (1972) *Nineteenth-Century Aether Theories* (Oxford: Pergamon Press).
- Soler Sánchez (1900) *Elementos de física*, 2^a edición (Alicante).
- Spradley, J. L. (1989) “Historical contributions of the medical profession to physics” *American Journal of Physics* **57**(11), 1009-1013.
- Stachel, J. (ed.) (2001) *Einstein 1905: un año milagroso*, prólogo de Roger Penrose, traducción castellana de Javier García Sanz (Madrid: Crítica).
- Téllez López, J. (1904) *Manual de física y química aplicada* (Madrid: Bailly-Bailliere é hijos).
- Terradas, E. (1911) “Sobre la constante de Avogadro-Lodschmidt”. En: Mañas Monví (1911) *Química general inorgánica y orgánica* (Barcelona: librería de A. Bosch).
- Terradas, E. (1991) *Esteban Terradas*, edición de Antoni Roca Rosell (Madrid: Fundación Banco Exterior).
- Terrasa Gilabert, J. (1873) *Programa de la asignatura de Física y elementos de Química* (Barcelona).
- Tomaschitz, R. (1998) “Ether, luminosity and galactic source counts” *Astrophysics and Space Science* **259**(3), 255-277.
- Torres Quevedo, L. (1992) *Leonardo Torres Quevedo*, edición de Francisco González de Posada (Madrid: Fundación Banco Exterior).
- Van der Waals, J. D. (1873) *De continuïteit van den gas- en vloeistoestand* (Leiden: Sijthoff).
- Varios (1951) *Discursos pronunciados en la sesión necrológica en honor del Excmo. Sr. D. Esteban Terradas e Illa* (Madrid: C. Bermejo).
- Vaquero Martínez, J. M. (1998a) *Átomos y movimiento. Desarrollo histórico e introducción en España de la teoría cinética de los gases* (Cáceres: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura).

- Vaquero Martínez, J. M. (1998b) "Dos deducciones cinéticas de la ley de los gases perfectos en libros de física españoles del siglo XIX" *Revista Española de Física* **12** (4), 43-46.
- Vaquero Martínez, J. M. y Cobos Bueno, J. M. (1999): "Un texto de 1911 sobre la enseñanza de las ciencias en la Escuela Normal de Badajoz" *Campo Abierto* **16**, 193-232.
- Vaquero Martínez, J. M. y Cobos Bueno, J. M. (2000): "El Boletín del Instituto Provincial de Higiene de Badajoz" *Revista de Estudios Extremeños* **LVI**(II), 623-660.
- Vaquero Martínez, J. M. y Gallego Herrezuelo, M. C. (2000) "Una red meteorológica privada en el Badajoz decimonónico" *Revista Española de Física* **14**(4), 58-60.
- Vaquero, J. M. y Gallego, M. C. (2000): "An old apparatus for physics teaching: the Escriche's pendulum" *The Physics Teacher* **38**(10), 424-425.
- Vaquero, J. M. y Santos, A. (2001) "Heat and Kinetic Theory in 19th-Century Physics Textbooks: The Case of Spain" *Science & Education* **10**, 307-319.
- Vaquero Martínez, J. M.; Suero López, M. I. y Pérez Rodríguez, A. L. (1999): "El color en la obra de José Echegaray (1832-1916)" *Cátedra Nova* **9**, 183-201.
- Varios (1846) *Colección de las leyes, decretos y declaraciones de las Cortes, y de los reales decretos, órdenes, resoluciones y reglamentos generales*, tomo XXXV, 2ª edición (Madrid: Imprenta Nacional)
- Vela Ferranz, A. (1920) *Magnitudes Estelares. Discurso leído en el acto de su recepción...* (Madrid: Establecimiento tipográfico de Fortanet).
- Vela Ferranz, A. (1923) *Los eclipses a través del tiempo. Discurso leído en la solemne sesión inaugural del curso académico de 1923-24* (Madrid: Talleres Poligráficos).
- Vera, F. (1935) *Los historiadores de la Matemática Española* (Madrid: Vitoriano Suárez, Editor).
- Vera, F. (1937) *Historia de la Ciencia* (Barcelona: Iberia).
- Vigier, J. P. (1982) "Non-locality, causality and aether in Quantum Mechanics" *Astron. Nachr.* **303**(1), 55-80.
- Villaroig, M.; Álvarez, C.; Amor, M. E. y Azorín, A. (1988) "Documentos de la JAE en la Biblioteca Central del CSIC". En: Sánchez Ron, J. M. (coord.) *1907-1987. La Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones científicas 80 años después* (Madrid: CSIC), volumen II, 659-762.
- Villena, L. (1956) "Cincuenta años de física en España" *Arbor* **XXXIII**, 220-227.
- Vivó, J. A. (1942) [Reseña de "El cielo abierto (razón y vida de las estrellas)"]. *Revista Geográfica* **II**, 172-173.
- Vivó, J. A. (1963) "Se jubiló Pedro Carrasco, Catedrático del Colegio de Geografía". *Anuario de Geografía* **III**, 192-193.
- Volta, A. (1800) "On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds" *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Part I, 403-431.
- Volta, A. (1999) *On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds, Bicentenary Edition in French, English, German and Italian of the Letter to Sir Joseph Banks of the 20th of March 1800* (Pavia: Università Degli Studi di Pavia).

- Wessel, P. y Rieder von Paar, V. (1942) *Curso general de física*, traducción de I. Lana Sarrate (Barcelo: Manuel Marín Editor).
- Whittaker, E. (1989) *A History of the Theories of Aether & Electricity* (New York: Dover Publication).
- Wilkins, G. A. (1994) "Sir Norman Lockyer's Contributions to Science" *Q. J. R. astr. Soc.* **35**, 51-57.
- Wilkins, G. A.; Wilson, C. M. W. (1997) "The contributions of Norman and James Lockyer to meteorology" *Weather* **52**(9), 276-282.
- Wise, M. N. (1981) "The Flow Analogy to Electricity and Magnetism. Part I: William Thomson's Reformulation of Action a Distance" *Archive for History of the Exact Sciences* **25**, 19-70.
- Zoido, A. (1983) "«El Cura Mora, liberal y cismático », de Diego Blázquez" *Alminar* **49**, 22.
- Zuazua, P. (1847) *Diccionario general, usual y clásico de educación, instrucción y enseñanza* (San Sebastián: imprenta y librería de Pío Baroja).

Bibliotecas y Archivos consultados

Archivo y Biblioteca del Palacio de la Minería (México)
Archivo y Biblioteca del Seminario Diocesano San Atón (Badajoz)
Archivo de la Secretaría de Educación Pública (México)
Archivo Histórico Provincial de Badajoz. Sección Expedientes de Bachillerato del Instituto General y Técnico de Badajoz.
Archivo General de la Administración del Estado. Sección Consejo Universidades
Archivo del Centro de Estudios sobre la Universidad de la UNAM (México)
Archivo privado familia Carrasco
Archivo privado Publio Hurtado
Biblioteca del Centro de Estudios Extremeños (Badajoz)
Biblioteca y Hemeroteca de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz.
Biblioteca del H. Congreso de la Unión (México)
Biblioteca del Instituto de Física de la UNAM (México)
Biblioteca del Instituto de Geografía de la UNAM (México)
Biblioteca del Instituto de Astronomía de la UNAM (México)
Biblioteca Nacional (Madrid)
Biblioteca Nacional de México