

La comunicación de la termodinámica. Física, cultura y poder en la España de la segunda mitad del siglo XIX

The Communication of Thermodynamics. Physics, Culture and Power in Spain in the Second Half of the 19th Century

A comunicação da termodinâmica. Física, cultura e poder na Espanha da segunda metade do século XIX

Stefan Pohl-Valero

Profesor asistente del Departamento de Historia de la Pontificia Universidad Javeriana. Doctor en Historia de la Ciencia, Universidad Autónoma de Barcelona, España. Correo electrónico: spohl@javeriana.edu.co

Este artículo es producto de la investigación concluida en octubre de 2007 "La 'circulación' de la energía: Una historia cultural de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX", elaborada en el marco del Doctorado en Historia de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona y financiada por la Agència de Gestió d'Adjuts Universitaris i de Recerca (Agaur) de la Generalitat de Catalunya.

Resumen

El artículo analiza los procesos de comunicación y apropiación de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX, abordando las leyes de la termodinámica como artefactos culturales utilizados de forma activa y creativa por diferentes actores históricos. Se destaca que estas leyes adquirieron múltiples significados que sirvieron para articular diferentes discursos sociales relacionados con el ejercicio del poder. A partir de una reflexión metodológica sobre la forma de hacer historia de la ciencia en los llamados contextos periféricos y de un estudio de caso concreto, este trabajo trata de realizar un aporte al debate sobre la naturaleza de la actividad científica, destacando las posibilidades metodológicas y analíticas que ofrece asumir esta actividad como un proceso global de comunicación y apropiación. A lo largo del artículo, se sugiere cómo la historia de la ciencia, desde esta perspectiva, puede ayudar a superar la vieja tradición historiográfica de buscar en el pasado héroes científicos locales y de analizar, a partir de las disciplinas científicas actuales, la "calidad" de su asimilación de teorías científicas internacionales.

Palabras clave autor

Termodinámica, discursos sociales, comunicación de la ciencia, España siglo XIX.

Palabras clave descriptor

Ciencia, Historia, España, Siglo XIX, Termodinámica, Comunicación científica.

Abstract

This article analyzes the forms in which thermodynamics was communicated and appropriated in the Spain of the second half of the nineteenth century. The laws of thermodynamics are assumed here as cultural artifacts that are used in an active and creative manner by different historical actors. It is highlighted that these laws articulated several social discourses related to the exercise of power. The article begins with a methodological reflection about doing history of science in the so called "peripheral contexts", and tries to shed light on the debate about the nature of scientific activity. It will argue that assuming this activity as a global communication and appropriation process could offer new methodological and analytical possibilities. The article suggests that from this perspective, the traditional historiography of great heroes, ahistorical scientific disciplines, and passive reception of scientific theories could be successfully overcome.

Keywords Author

Thermodynamics, Social Discourses, Science Communication, Spain 19th Century.

Key Words Plus

Science, History, Spain, 19th Century, Thermodynamics, Science Communication.

Resumo

O artigo analisa os processos de comunicação e apropriação da termodinâmica na Espanha da segunda metade do século XIX, abordando as leis da termodinâmica como artefactos culturais utilizados de forma ativa e criativa por diferentes actores históricos. Destaca-se que estas leis adquiriram múltiplos significados que serviram para articular diferentes discursos sociais relacionados com o exercício do poder. A partir de uma reflexão metodológica sobre a forma de fazer história da ciência nos chamados contextos periféricos e de um estudo de caso concreto, este trabalho trata de realizar uma contribuição ao debate sobre a natureza da atividade científica, destacando as possibilidades metodológicas e analíticas que oferece assumir esta atividade como um processo global de comunicação e apropriação. Ao longo do artigo, sugere-se como a história da ciência, desde esta perspectiva, pode ajudar a superar a velha tradição historiográfica de procurar no passado heróis científicos locais e de analisar, a partir das disciplinas científicas atuais, a "qualidade" de sua assimilação de teorias científicas internacionais.

Palavras-chave

Termodinâmica, discursos sociais, comunicação da ciência, Espanha século XIX.

Palavras descritivas

Ciências, História, Espanha, século XIX, termodinâmica, Comunicação Científica.

Introducción

El objetivo de este artículo consiste en analizar algunos de los múltiples significados, reelaboraciones culturales y usos sociales que tuvieron las leyes de la termodinámica en el contexto español de la segunda mitad del siglo XIX. La conservación de la energía y la tendencia en el universo a que la entropía aumente fueron conceptos utilizados por expertos y profanos como herramienta para muy diversos fines. La interpretación de estas leyes fue utilizada de hecho como un recurso legitimador de la física institucional, pero también influyó en diversas posiciones ideológicas, no sin controversia. Las leyes de la termodinámica fueron utilizadas para cuestionar supuestos teológicos, como la creación del universo por parte de Dios, el libre albedrío o la posibilidad de los milagros y, al mismo tiempo, como un recurso de apología científica. Si algunos sectores de la sociedad acudieron a las leyes de la termodinámica para rebatir el poder de la Iglesia e instaurar unos nuevos valores seculares, otros las utilizaron para “demostrar científicamente” algunos valores morales tradicionales y, con ello, intentar ejercer un control social eficaz. Algunos de los promotores de la termodinámica restringieron la aplicación de sus leyes a cuestiones puramente materiales, mientras otros alegaron que eran fundamentales para el estudio del ser humano y de la sociedad. Sus leyes sirvieron para legitimar posturas económicas y sociales y para caracterizar el funcionamiento de la sociedad como una máquina térmica que se regía por ellas. En general, la termodinámica fue un recurso cultural importante a la hora de entender el mundo y representar la sociedad española en un período crítico de su historia.

El artículo es un intento de elaborar una historia cultural de la física, en el sentido de que analiza unas determinadas prácticas científicas y cómo estas interactúan con el mundo sociocultural¹. Además de abordar la física como una actividad humana y explorar su creciente autoridad cultural,

tiene en cuenta que la física incluye una serie de prácticas discursivas que, al mismo tiempo que sustentaron la actividad científica, se utilizaron para elaborar representaciones del mundo social. E, igualmente, que la termodinámica tuvo una imagen pública peculiar en España y que esa imagen se construyó en respuesta a unos valores culturales dominantes, en especial un rechazo generalizado hacia el materialismo científico. A partir de una reflexión metodológica sobre la forma de hacer historia de la ciencia en los llamados contextos periféricos y de un estudio de caso concreto, este trabajo trata de realizar un aporte al debate sobre la naturaleza de la actividad científica, destacando las posibilidades metodológicas y analíticas que ofrece asumir esta actividad como un proceso global de comunicación y apropiación. A lo largo del artículo, se sugiere cómo la historia de la ciencia, desde esta perspectiva, puede ayudar a superar la vieja tradición historiográfica de buscar en el pasado héroes científicos locales y de analizar, a partir de las disciplinas científicas actuales, la “calidad” de su comprensión y asimilación de teorías científicas internacionales. De forma más general, el artículo señala cómo la historia de la comunicación de la ciencia puede generar diálogos más efectivos con la disciplina más amplia de la historia cultural.

Supuestos teóricos y metodológicos: la comunicación y apropiación de la ciencia

Inscribiéndose en la actual historia cultural de la ciencia, esta investigación asume las leyes de la termodinámica como artefactos culturales². Esto significa que las teorías científicas son abordadas como actores históricos que interactúan y son utilizadas de forma activa y creativa por otros

1 Para un análisis historiográfico sobre la física del siglo XIX, ver Stefan Pohl-Valero, “La termodinámica, su historia y sus implicaciones sociales. Una revisión historiográfica”, *Grafía* 5 (2007): 58-69.

2 Peter Dear, “Cultural History of Science: An Overview with Reflections”, *Science, Technology & Human Values* 20 (1995): 150-170; Iwan Rhys Morus, *When Physics Became King* (Chicago: The University of Chicago Press, 2005); Crosbie Smith, *The Science of Energy. A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain* (Chicago: The University of Chicago Press, 1998); Crosbie Smith, “Force, Energy, and Thermodynamics”, en *The Cambridge History of Science. Volume 5. The Modern Physical and Mathematical Sciences*, ed. Jo Nye (Cambridge: Cambridge University Press, 2003), 289-310.

actores, adquiriendo así múltiples significados que sirven para articular y respaldar diferentes discursos de verdad. Desde esta perspectiva, la investigación se aproxima a la termodinámica, no tanto como descubrimiento científico, sino como una serie de prácticas y relaciones sociales en un contexto tanto local como europeo. Los conceptos termodinámicos se entienden, entonces, como cualquier otro actor de la historia y no como una esencia, como una verdad a ser descubierta³. Estos conceptos, siguiendo a Bruno Latour, forman parte de una “red provisional que según los casos puede modificar local o permanentemente la definición de todos los actores que la componen”⁴. Este enfoque busca superar una aproximación asimétrica al estudio de la ciencia en donde lo verdadero y lo falso, los expertos y los profanos, lo natural y lo social son asumidos como categorías monolíticas, claramente acotadas y ahistóricas⁵.

En consecuencia, esta investigación busca abordar la ciencia de manera simétrica, al rastrear en detalle los conceptos de la termodinámica cuando empiezan a circular en un determinado lugar y espacio histórico atravesando fronteras disciplinares, epistemológicas y socio-naturales, y adaptándose a diferentes contextos y audiencias. El concepto de circulación se enmarca dentro de un proceso general de comunicación y apropiación de la ciencia. Detrás de los conceptos de comunicación y apropiación, existe un amplio

trabajo historiográfico que será discutido de forma general a continuación.

El problematizar la tradicional distinción entre la producción de la ciencia y sus procesos de comunicación⁶ abre las puertas a interpretaciones históricas de la ciencia que permiten superar una serie de problemas historiográficos asociados con el carácter marginal que históricamente ha tenido la llamada “periferia científica” en el proceso de emergencia de la ciencia moderna occidental. Estos problemas se articulan de forma general en el llamando “modelo de la recepción pasiva”. Desde este modelo, la ciencia periférica es presentada como la simple imposición de culturas científicas dominantes. En otras palabras, se da por supuesto que existen unas determinadas teorías científicas provenientes de un centro generador, que se difunden y son asimiladas de manera pasiva en otros contextos y lugares geográficos por su carácter objetivo y universal⁷.

La principal consecuencia del modelo de *recepción pasiva* ha consistido en que el análisis del pasado científico en contextos “periféricos” ha tendido a centrarse en la búsqueda de los actores históricos que mejor asimilaron una determinada teoría científica, generada en otros espacios geográficos, y las causas, generalmente asociadas con la religión o la ideología, que impidieron o dificultaron su “correcta” recepción. Esto ha generado una serie de categorías bipolares que informan las preguntas de partida de la investigación histórica, tales como éxito-fracaso, mejor-peor o

3 Para una discusión metodológica sobre los problemas de abordar la historia de la termodinámica como la historia de un “descubrimiento” científico, ver Smith, *The Science of Energy*, Introducción.

4 Bruno Latour, “Pasteur y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias”, en *Historia de las Ciencias*, ed. Michel Serres (Madrid: Cátedra, 1991), 500; Smith, “Force, Energy, and Thermodynamics”, 290.

5 Desde la sociología del conocimiento científico, el concepto de simetría ha sido extendido por Bruno Latour y otros, no sólo a abordar de forma simétrica las instituciones científicas y otras instituciones, o las creencias verdaderas y las falsas, sino de forma fundamental lo humano y lo no humano. La representación moderna del mundo que opone radicalmente la naturaleza a la cultura es justamente lo que la antropología simétrica intenta superar. Sobre el concepto de simetría en la sociología de la ciencia, ver David Bloor, *Knowledge and Social Imagery* (Chicago: University of Chicago Press, 1991); sobre antropología simétrica, Bruno Latour, *Nunca hemos sido modernos: ensayo de antropología moderna* (Madrid: Debate, 1993); Bruno Latour, *La esperanza de Pandora: Ensayos sobre la realidad de la ciencia* (Barcelona: Gedisa, 2001).

6 Al respecto, ver James Secord, “Knowledge in Transit”, *Isis* 95 (2004): 654-672.

7 Para una crítica a los conceptos tradicionales de centro y periferia, así como al modelo de recepción pasiva de las teorías y prácticas científicas, ver, desde una perspectiva europea, Ana Simoes et al., ed., *Travels of Learning. A geography of Science in Europe* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003); Kostas Gavroglu et al., “Science and Technology in the European Periphery: Some Historiographical Reflections”, *History of Science* 46 (2008): 153-175. Desde una perspectiva latinoamericana, Olga Restrepo Forero, “En busca del orden: ciencia y poder en Colombia”, *Asclepio* 50 (1998): 33-75; Olga Restrepo Forero, “La sociología del conocimiento científico o de cómo huir de la ‘recepción’ y salir de la ‘periferia’”, en *Culturas científicas y saberes locales*, ed. Diana Obregón (Bogotá: CES-Universidad Nacional de Colombia, 2000), 197-220; A. Lafuente, A. Elena y M. Ortega, ed., *Mundialización de la ciencia y cultura* (Madrid: Doce Calles, 1993); Mauricio Nieto Olarte, *Remedios para el Imperio. Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo* (Bogotá: Icanh, 2000).

invención-copia, y una demarcación férrea de lo que se supone es la actividad científica con otras formas de comportamiento social⁸. Esto, a su vez, genera otro par de categorías bipolares: actividad científica legítima e ilegítima. Por ejemplo, muchos de los debates públicos que tuvieron lugar en España sobre el darwinismo han sido catalogados desde el modelo recepcionista como meros debates ideológicos carentes de contenido científico⁹. Paradójicamente, muchos de los “mejores receptores” de la teoría de Darwin demostraron su firme compromiso con la ideología del progreso y no pocos con la idea de un plan divino subyacente¹⁰. Esto no los hace mejores ni peores científicos, sino que es un indicio más de que la ciencia es una actividad cultural cuyos practicantes están inmersos en sus propias tradiciones y rodeados de un entramado político, ideológico e intelectual en el que las teorías y prácticas científicas sufren múltiples transformaciones para acoplarse en los intersticios de esa red.

En muchos casos, la historia de la ciencia realizada en contextos como el español y el latinoamericano no ha logrado desprenderse de los supuestos subyacentes al modelo de recepción pasiva y

a sus categorías bipolares, lo que, a su vez, ha dificultado otros enfoques que expliquen el proceso de construcción de una cultura e identidad científica propia independientemente de su éxito o fracaso en términos de producción científica. Y es justamente en este punto que el problematizar la tradicional distinción entre la producción de la ciencia y sus procesos de comunicación ofrece nuevas aproximaciones que resultan útiles a la hora de analizar los llamados “contextos científicos periféricos”. Este enfoque se deriva principalmente de la actual historiografía de la divulgación científica, relacionada con la historia cultural y, en particular, con la historia del libro y la lectura¹¹. Adicionalmente, la comunicación científica se ha enmarcado dentro de una esfera pública que es interpretada como un arreglo estructurado donde ocurren contiendas o negociaciones culturales e ideológicas entre una variedad de públicos y donde se logran imponer consensos sobre la forma de entender el mundo y la sociedad¹². Sin entrar en detalle sobre estos enfoques historiográficos, se podrían enumerar algunas de sus ventajas interpretativas de la siguiente forma:

1. Se han dejado de interpretar las diferentes formas de comunicación científica, como instrumentos neutrales y apolíticos de transmisión y simplificación del conocimiento científico. Por el contrario, se ha observado que los contenidos de los diferentes modos de comunicar la ciencia a diferentes públicos han estado relacionados, por un lado, con la legitimación de la autoridad científica y, en general, con las formas del ejercicio del poder, y por el otro, configurados por estrategias de compatibilidad con los valores culturales dominantes del contexto

8 Para un análisis de las consecuencias historiográficas que ha generado el modelo de recepción y, en general, la búsqueda desesperada de establecer si en los llamados contextos periféricos se ha producido ciencia “verdadera”, ver, para el caso español y colombiano respectivamente, Agustí Nieto-Galan, “The images of science in modern Spain. Rethinking the ‘Polémica’”, en *The Science in the European Periphery During the Enlightenment*, ed. Kostas Gavroglu (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999), 73-94 y Restrepo Forero, “La sociología del conocimiento científico”.

9 Ver, por ejemplo, Diego Núñez, *El darwinismo en España* (Madrid: Castalia, 1977); Dale J. Pratt, *Signs of Science. Literature, Science and Spanish Modernity since 1868* (West Lafayette: Purdue University Press, 2001); J. Sala Catalá, *Ideología y ciencia biológica en España entre 1860 y 1881. La difusión de un paradigma* (Madrid: CSIC, 1987); Thomas F. Glick, “Spain”, en *The Comparative Reception of Darwinism*, ed. Thomas F. Glick (Austin: University of Texas Press, 1972), 307-345.

10 Ver, por ejemplo, el evolucionismo teleológico de Rafael García Álvarez, *Estudio sobre el Transformismo* (Granada: Ventura Sabatel, 1883). García Álvarez es uno de los nombres que siempre salen en las historias sobre la “recepción del darwinismo” en España como uno de los máximos defensores de Darwin. Ver, entre otros, Francisco Pelayo, “Repercussions of Evolutionism in the Spanish Natural History Society”, en *The Reception of Darwinism in the Iberian world: Spain, Spanish America and Brazil*, ed. Thomas F. Glick, Miguel Ángel Puig-Samper y Rosaura Ruiz (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001), 109.

11 Jonathan Topham y James Secord han resaltado la relevancia de las nuevas tendencias historiográficas de la historia de la lectura para la historia de la ciencia. Jonathan R. Topham, “A View from the Industrial Age”, *Isis* 95 (2004): 431-442; Secord, “Knowledge in Transit”.

12 Una reelaboración del concepto de esfera pública desarrollado por Jürgen Habermas para el contexto europeo del siglo XIX y que integra el concepto gramsciano de hegemonía cultural, lo aporta Geoff Eley, “Nations, Publics, and Political Cultures: Placing Habermas in the Nineteenth Century”, en *Habermas and the Public Sphere*, ed. Craig Calhoun (Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1992), 298-339.

histórico donde se realiza. Desde esta perspectiva, la dicotomía ciencia-ideología y, en general, prácticas científicas legítimas y no legítimas se vuelve mucho más compleja¹³.

2. Se han reevaluado los procesos de transmisión del conocimiento científico. Más allá de la mirada simplista de que unos expertos producen conocimiento y unas audiencias lo consumen pasivamente, la relación entre los expertos y los profanos se ha empezado a interpretar como un proceso dinámico de interacción mutua, de graduación de discursos, que otorga a los públicos un papel cognitivo activo y donde es difícil establecer fronteras epistemológicas claras entre las diferentes formas de comunicación científica¹⁴. El rol cognitivo de las audiencias, que en nuestro caso incluiría a los científicos de la periferia, cuestiona profundamente el modelo de recepción pasiva al desplazar la idea de transmisión y centrar la atención en los procesos de apropiación¹⁵.

3. El énfasis en los procesos de comunicación de la ciencia como un instrumento relevante de análisis histórico le otorga una mayor importancia

a los proyectos educativos y divulgativos de la ciencia, haciendo innecesaria de esta forma la búsqueda de grandes figuras locales como elementos de comparación con los héroes internacionales. A la vez, la idea de rastrear un determinado conocimiento científico, en la medida que este es comunicado y apropiado, evita restringir el estudio histórico de la ciencia a los confines de las demarcaciones disciplinares tradicionales¹⁶.

Formas de circulación de la termodinámica

La divulgación pública de la termodinámica

La creciente presencia de la termodinámica en la esfera pública española en la segunda mitad del siglo XIX es un claro ejemplo de la complejidad de los mecanismos de comunicación de la ciencia. La termodinámica fue una ciencia que se desarrolló a mediados del siglo XIX y que aportó una nueva comprensión sobre la naturaleza de los fenómenos físicos. Diferentes fenómenos como el calor, la luz o la electricidad dejaron de ser interpretados como agentes diferentes de la naturaleza —y que anteriormente se habían considerado como fluidos imponderables independientes—, para ser interpretados como diferentes manifestaciones de una misma energía fundamental. La primera ley de la termodinámica establecía que la energía no se podía crear ni destruir, la cantidad de energía presente en el universo era constante y lo que variaba eran sus manifestaciones. A su vez, la segunda ley de la termodinámica establecía que en los procesos en los que la energía se transformaba, parte de esta tendía a disiparse en forma de calor. La cantidad de energía disponible para realizar trabajo disminuía inexorablemente en los sistemas cerrados. Este incremento de desorden en un sistema termodinámico fue acuñado por el físico alemán Rudolf Clausius con el término entropía. En las últimas décadas del siglo XIX, la ciencia de la energía logró una redefinición del mapa disciplinario de la física y de las ciencias de la vida¹⁷.

13 Diversos estudios sobre la divulgación científica han revelado su capacidad para legitimar la autoridad de la ciencia ante la sociedad y su importancia en la institucionalización y profesionalización de la ciencia. Ver, por ejemplo, Steven Shapin, "Science and the Public", en *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby y G. N. Cantor (London: Routledge, 1990), 990-1007; Bernardette Bensaude-Vincent, "In the name of science", en *Science in the Twentieth Century*, ed. John Krige y Dominique Pestre (Amsterdam: Harwood, 1997), 319-338; Andreas W. Daum, *Wissenschaftspopularisierung im 19. Jahrhundert. Bürgerliche Kultur, naturwissenschaftliche Bildung und die deutsche Öffentlichkeit, 1848-1914* (München: Oldenbourg, 1998). Además, se ha resaltado cómo a través de estas prácticas se descubren procesos de apropiación de conocimientos científicos que han servido para la construcción de valores e identidades individuales, sociales y nacionales. Al respecto, ver, entre otros, Roger Cooter, *The cultural meaning of popular science. Phrenology and the organization of consent in nineteenth-century Britain* (Cambridge: Cambridge University Press, 1984); Eugenia Roldán Vera, *The British Book Trade and Spanish American Independence. Education and Knowledge Transmission in Transcontinental Perspective* (Aldershot: Ashgate, 2003).

14 Terry Shinn y Richard Whitley, ed., *Expository Science: Forms and Functions of Popularisation* (Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1985); Roger Cooter y Stephen Pumfrey, "Separate Spheres and Public Places: Reflections on the History of Science Popularization and Science in Popular Culture", *History of Science* 32 (1994): 237-267.

15 Roger Chartier define la apropiación cultural como las diferentes formas en que los individuos utilizan la cultura de forma activa. Roger Chartier, "Texts, Printings, Readings", en *The New Cultural History*, ed. L. Hunt (Berkeley: University of California Press, 1989), 173.

16 Secord, "Knowledge in Transit"; Gavroglu et al., "Science and Technology in the European".

17 Para una historia general de la termodinámica, ver Smith, *The Science of Energy*.

A partir de la década de 1860, la termodinámica empezó a ser divulgada y discutida en España desbordando rápidamente las publicaciones especializadas y adquiriendo un amplio protagonismo en diversos foros sociales y culturales. En los últimos años de esta década, sus leyes se utilizaron en el marco de un intenso debate teológico y cosmológico que tenía como telón de fondo diversas posibilidades reformistas del Estado y la sociedad. En 1868, tuvo lugar en España una revolución de corte liberal-burgués que tenía como objetivo instaurar un Estado-nación moderno en reemplazo de una monarquía que cada vez se veía más obsoleta e inoperante. La Gloriosa, como fue llamada la revolución, tuvo como consecuencia el establecimiento de la primera república en la historia de España y la elaboración de una constitución que proclamaba las libertades individuales y la secularización del Estado. Entre 1868 y 1874, el llamado Sexenio democrático, la esfera pública española vivió un auge en la circulación de textos impresos y en la conformación de clubes e instituciones culturales. Una de las principales transformaciones culturales que trajo consigo la *Gloriosa* fue una libertad de prensa nunca antes vivida en España¹⁸. Como consecuencia, un amplio público empezó a tener un mayor acceso a diversas fuentes impresas y a debates públicos en los que se utilizaban teorías científicas para apoyar diferentes posturas ideológicas y políticas. Como en el resto de Europa, la ciencia moderna articuló discursos que buscaban la secularización progresiva de la sociedad y el Estado.

Dentro de este proceso de reformas políticas y sociales, la conservación de la energía, junto con la teoría de la evolución, fue una teoría científica muy importante a la hora de ofrecer una visión del mundo que se regía exclusivamente por leyes naturales y donde la mano de Dios y lo sobrenatural no tenían cabida. En este sentido, la termodinámica articuló discursos para cuestionar el poder de la Iglesia y para proponer una

nueva moral basada en la razón. Especialmente auspiciado por los republicanos y por los anarquistas, al inicio del Sexenio democrático, la sociedad española conoció libros como *Fuerza y materia*, del médico alemán Ludwig Büchner, en los que se resaltaba que la conservación de la energía demostraba científicamente que el universo era eterno y cíclico, así como que el pensamiento y la voluntad humana formaban parte de los procesos naturales caracterizados por esa misma ley¹⁹. Personajes como Büchner fueron muy populares y ampliamente mencionados en los debates españoles sobre este nuevo materialismo científico basado en la conservación de la energía²⁰.

Como respuesta a este proceso secularizador, sectores conservadores de la sociedad española recurrieron al viejo fantasma del materialismo y su supuesta relación con el desorden social para deslegitimar los discursos que minaban su autoridad. Diversos intelectuales comprometidos con la Iglesia católica, recurriendo igualmente a la autoridad científica, se esforzaron por demostrar la armonía entre ciencia y religión y el desorden social que el “nuevo espíritu materialista” de la época estaba generando en las sociedades europeas²¹. Esto generó un intenso debate público en el que se logró propiciar un rechazo generalizado

18 Las implicaciones políticas y culturales del llamado Sexenio democrático son analizadas en Rafael Serrano García, ed., *España, 1868-1874: nuevos enfoques sobre el Sexenio democrático* (Valladolid: Junta de Castilla León. Consejería de Educación, 2002).

19 El libro de Büchner, publicado originalmente en alemán en 1855, fue traducido y publicado por una editorial anarquista española en 1868. Ludwig Büchner, *Fuerza y materia. Estudios populares de historia y filosofía naturales* (Madrid: Librería de Alfonso Durán, 1868).

20 Al respecto, ver, por ejemplo, Francisco Caminero, “El doctor Büchner o el catecismo de los materialistas”, *La Defensa de la Sociedad* 4 (1873-74): 439-487; Luis María Eleizalde, “El materialismo contemporáneo y la ciencia cristiana”, *La Ciencia Cristiana* 5 (1877): 212-217; 6 (1878): 104-109; Antonio María Fabie, *Examen del materialismo moderno* (Madrid: Imprenta de la viuda e hijo de D. Eusebio Aguado, 1875); Zeferino González, *El positivismo materialista* (Madrid: Imprenta de Luis Aguado, 1872); Paul Janet, *El Materialismo contemporáneo* (Valencia: librería de Francisco Aguilar, 1877). Sobre el materialismo científico en el contexto alemán e inglés ver, respectivamente, Frederick Gregory, *Scientific Materialism in Nineteenth-Century Germany* (Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1977); Frank M. Turner, “John Tyndall and Victorian Scientific Naturalism”, en *John Tyndall. Essays on a Natural Philosopher*, ed. W. H. Brock et al. (Dublin: Royal Dublin Society, 1981), 169-180.

21 Además de las referencias de la nota 20, ver Tomás Cámara, *Contestación a la Historia del conflicto entre la Religión y la Ciencia de Don Juan Guillermo Draper* (Valladolid: Gavina y Zapatero, 1879); Antonio Comellas, *Demostración de la armonía entre la religión y la ciencia* (Barcelona: Librería de Álvaro Verdagué, 1880); Juan

por parte de la sociedad española hacia el nuevo materialismo científico –y en el que el nombre de Büchner se convirtió en uno de sus máximos representantes. Esta idea hegemónica contra el materialismo científico, como se verá en detalle más adelante, tuvo grandes repercusiones en los significados y contenidos de la comunicación de la termodinámica en la década de 1870.

Durante esa década y de manera general, la divulgación científica se presentó reiterativamente como una actividad necesaria para el progreso y civilización de la sociedad española. Tal como lo expresaba la escritora Emilia Pardo Bazán, “la difusión entre las masas de los conocimientos que en otro tiempo no traspasaban el umbral del gabinete del sabio” representaba uno de los caracteres más sobresalientes de la época moderna²². A través de la divulgación científica, se construyó una representación determinada de modernidad y de identidad nacional. El hecho de que existieran divulgadores locales demostraba que España se acercaba a las tendencias modernizadoras en Europa y esto se reflejaba, por ejemplo, en las comparaciones que se hacían entre los divulgadores locales y los internacionales o en el énfasis reiterativo en la idea de que los Estados modernos y civilizados prestaban gran atención a la ciencia y a su difusión.

A la vez que se destacaba su importancia social y cultural, la divulgación científica se convirtió en un fenómeno complejo que jugó un papel cada vez más central en los intensos debates sociales y políticos de la época, gracias a la creciente autoridad pública de la ciencia. La constante presencia de la física en estos debates reflejaba que existía un consenso entre los diferentes líderes intelectuales en reconocer su autoridad y

creciente influjo social. Personajes con posturas políticas diametralmente opuestas, como el físico y ferviente católico Bartolomé Feliu, el intelectual liberal y escritor Leopoldo Alas o el médico anarquista Gaspar Sentiñón, mencionaban en sus textos, con igual convicción, la precepción de que la ciencia se había convertido en una poderosa fuerza para la sociedad²³. Ante la creciente importancia social de los discursos científicos, la Iglesia católica se mostró especialmente preocupada, recurriendo a la misma divulgación científica para definir los valores “adecuados” de aquella ciencia moderna que estaba generando gran interés y fascinación en la sociedad letrada española.

Como ha destacado el historiador Stanley Payne, durante esta época, la Iglesia española generó un proceso de carácter popular que promovió el aumento de las publicaciones y asociaciones religiosas²⁴. Esta “reelaboración de la religiosidad” es un claro reflejo de la preocupación de la Iglesia por la opinión pública, en la que las cuestiones científicas y su creciente autoridad estaban en el centro del proceso. Como dijera uno de sus protagonistas, la Iglesia estaba organizando “una verdadera cruzada científica, que será la admiración de las gentes en los tiempos futuros”²⁵. En consecuencia, durante la década de 1870, la Iglesia realizó un gran esfuerzo por integrar la ciencia moderna y, con ella, su influencia social dentro de sus discursos, intentado construir una imagen pública de la institución que le permitiera mantener su autoridad moral y, con esto, su capacidad de control social. Entre sus estrategias –que se adaptaban al nuevo orden liberal que intentaba influir en la creciente opinión pública a través de medios de comunicación como la prensa– la Iglesia resaltó las aportaciones de eminentes científicos católicos y de sus institu-

Cornoldi, “Examen crítico de la historia de los conflictos entre la religión y la ciencia de Guillermo Draper”, *La Ciencia Cristiana* 2 (1877): 512-529, 3 (1877): 15-27; Ricardo Cortés, *El Sobrenaturalismo y el naturalismo en sus relaciones con la ciencia* (Madrid: Imprenta Peninsular, 1879); Emilio Huelin, “Petróleo cual agente de bárbaros incendios y de otras distintas maneras considerado”, *Revista de España* 31 (1873): 5-25; Juan Manuel Ortí, *La ciencia y la divina revelación o ‘Demostración de que entre las ciencias y los dogmas de la Religión Católica no pueden existir conflictos’* (Madrid: Real Academia de Ciencias Morales y Políticas, 1881).

22 Emilia Pardo Bazán, “La ciencia amena”, *La Revista Compostelana* 3 (1876): 17.

23 Ver Leopoldo Alas, *Solos de Clarín* (Madrid: Alfredo de Carlos Hierro, 1881), 68; Bartolomé Feliu, “La ciencia moderna y el deber de los católicos”, *La Ciencia Cristiana* 4 (1877): 129-130; Gaspar Sentiñón, *prólogo a Ciencia y naturaleza: ensayos de filosofía y de ciencia natural*, Ludwig Büchner (Málaga: Hijos de J. G. Taboadela, 1873), v-vi.

24 Stanley G. Payne, *El catolicismo español* (Barcelona: Planeta, 2006), 142-146.

25 Juan Manuel Ortí, “Revista de asociaciones científico-católicas”, *La Ciencia Cristiana* 2 (1877): 351.

ciones, publicó revistas de divulgación científica, adoptó una retórica científica a la hora de tratar temas de teología, recurrió con ahínco a la teología natural y fomentó el debate público sobre las características ontológicas y epistemológicas de las leyes científicas, buscando lograr su armonía con la teología²⁶. Como resultado, esta “cruzada científica” supuso un elemento importante en la construcción de una determinada cultura de la ciencia, y en particular de la física, en la esfera pública española de la época, que se caracterizó por intentar armonizar las nuevas teorías científicas con valores religiosos tradicionales.

Pero si el prestigio y autoridad de la ciencia eran reconocidos de forma general, sus usos sociales eran diversos. Modernidad, secularización, revolución, apología religiosa y control social parecían ser algunos de los temas íntimamente relacionados con la ciencia, convirtiéndola en un artefacto cultural complejo e, incluso, peligroso. El interés de las élites intelectuales por difundir la ciencia moderna al pueblo reflejaba, además de sentirse modernos, las tensiones que se estaban generando entre sus intereses y algunos de los valores liberales que se trataron de implementar tras la revolución de 1868. En primer lugar, hay que tener en cuenta que en el contexto político del Sexenio democrático se abolió la censura oficial sobre los impresos y la importación de libros. También, los requerimientos legales para la publicación de periódicos y revistas se facilitaron de forma notoria²⁷. Adicionalmente, las libertades individuales que había proclamado la Constitución de 1869 auspiciaron la reunión de individuos privados en diversas instituciones, generando no sólo la proliferación de clubes, tertulias y casinos donde la burguesía se reunía a discutir temas políticos y culturales, sino igualmente la conformación de sociedades cooperativas y de resistencia por parte de los

obreros²⁸. Aunado a esto, durante la década de 1870, la industria editorial vivió un cierto apogeo que ayudó a consolidar diferentes medios de comunicación²⁹.

Bajo estas circunstancias, se evidenció la creciente importancia de la opinión pública, pero también su diversidad. El libre razonamiento sobre cuestiones religiosas significaba para los líderes intelectuales liberales un excelente medio para alcanzar sus aspiraciones basadas en los derechos individuales y la secularización de la vida pública. Pero ese mismo debate público sobre religión, en el que la ciencia jugaba un papel central, pareció auspiciar una pérdida de mecanismos de control sobre las clases subalternas que a la postre –y a los ojos de la élite española– podrían hacer de los derechos individuales una cuestión “inaguantable”.

Adicionalmente, e íntimamente relacionado con lo anterior, durante el Sexenio democrático, algunos intelectuales conservadores fueron muy hábiles en presentar el nuevo materialismo científico, no sólo como una ideología que iba en contra de la Iglesia, sino como la causa principal de degradación moral de la sociedad y el fermento intelectual que había ocasionado sucesos como la comuna de París o la emergencia de la internacional de trabajadores³⁰. Como consecuencia de esta creencia generalizada de que el materialismo era la causa de todo desorden social, así como por la tensión generada entre las libertades individuales y la consolidación de movimientos obreros, muchos de los líderes intelectuales de la época, aunque luchaban por la secularización de la sociedad, encontraron en los valores morales provenientes del catolicismo

26 Algunas de las principales revistas católicas de la época en las que se realizó una intensa labor de divulgación científica fueron: *La Ciencia Cristiana*, *El Sentido Católico de las Ciencias Médicas*, *La Defensa de la Sociedad*, *La Voz de la Verdad: revista católica, científica, literaria y artística*.

27 Jean-François Botrel, “Libertad de imprenta, entre la ley y las prácticas”, en *Historia de la edición y la lectura en España: 1472-1914*, ed. Víctor Infantes et al. (Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez, 2003), 524-525.

28 Una vez realizada la revolución, el nuevo gobierno dirigido en un principio por el general progresista Juan Prim intentó completar la obra de las ideas liberales de comienzos del siglo, ideas que abogaban, principalmente, por una democracia política con libertad económica y cultural. Al respecto, ver Clara E. Lida e Iris M. Zavala, ed., *La Revolución de 1868. Historia, pensamiento, literatura* (New York: Las Américas Publishing Company, 1970).

29 Cecilio Alonso, “El auge de la prensa periódica”, en *Historia de la edición y la lectura en España: 1472-1914*, ed. Víctor Infantes et al. (Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez, 2003), 559-600.

30 Como ha comentado Álvarez Junco, después de los acontecimientos de la comuna de París, la burguesía española empezó a tomar clara conciencia del nuevo enemigo representado por la clase obrera organizada. José Álvarez Junco, *La Comuna en España* (Madrid: Siglo XXI, 1971).

un instrumento ideal para mantener el control social sobre las agitadas clases subalternas. Todo esto auspició que, durante la década de 1870, se generara un entorno intelectual hostil a una visión materialista del mundo que cuestionaba algunos valores religiosos tradicionales.

La ciencia se convirtió en un elemento cultural y social de difícil manejo. Sus usos se diversificaron, legitimando posturas ideológicas diametralmente opuestas, por lo que la necesidad de una exposición “adecuada” de la ciencia se hizo evidente. En consecuencia, el gran dilema al que se enfrentaron muchos de los actores históricos involucrados en los procesos de comunicación de la termodinámica fue buscar los mecanismos que permitieran legitimar públicamente la nueva ciencia del calor, así como demostrar su importancia y, a la vez, generar interés entre sus potenciales lectores. Es posible pensar que una de las estrategias consistía en buscar algún tipo de compatibilidad entre la ciencia que divulgaban y los valores culturales dominantes. Los divulgadores españoles de la termodinámica analizados en esta investigación tuvieron como característica común que en sus trabajos realizaron un gran esfuerzo expositivo por evitar el materialismo y rescatar la idea de Dios. Este denominador común se explica como una estrategia de adaptación de acuerdo a los valores dominantes del entorno social y cultural que se acaba de describir.

Si en la búsqueda de legitimar públicamente la termodinámica, un aspecto clave consistió en demostrar que la nueva ciencia del calor no implicaba una visión materialista del universo, en muchos casos, la divulgación de la termodinámica representó un excelente medio para transmitir valores morales tradicionales. Como se mencionó anteriormente, muchos líderes intelectuales de la época interpretaron que la principal causa de desorden y agitación social se debía al espíritu materialista de la época. La consecuente degradación moral fue relacionada con la desaparición de tres conceptos religiosos claves: Dios, la inmortalidad del alma y el libre albedrío. Y en torno a estos conceptos giraron los principales contenidos morales que se evidenciaron en la divulgación de la termodinámica a lo largo de

1870 y 1880. No sólo para intelectuales católicos conservadores, como Zeferino González o Manuel Ortí, sino igualmente para científicos e intelectuales, como José Echegaray, Emilio Huelin, Emilia Pardo Bazán, o para divulgadores científicos internacionales ampliamente leídos en España, como Louis Figuier, la divulgación de la termodinámica representó un medio ideal a través del cual se ayudó a consolidar la idea de que el materialismo científico era la causa de todo desorden social y, a la vez, para demostrar termodinámicamente la realidad de Dios y la inmortalidad del alma³¹.

En resumen, la divulgación de la termodinámica en la década de 1870 cumplió una importante función social. Así como el entorno intelectual de la época influyó en sus contenidos, estos mismos contenidos sirvieron para consolidar ese entorno y para transmitir y legitimar valores morales tradicionales. Teniendo en cuenta todos estos factores, la divulgación científica se presenta como un elemento esencial en la configuración cultural española de la segunda mitad del siglo XIX. Aunque para muchos reformadores radicales la diseminación del conocimiento científico era un acto por excelencia revolucionario, para la élite intelectual española de la época una “divulgación adecuada” de la ciencia, y en nuestro caso de la termodinámica, representó un excelente medio para consolidar su hegemonía cultural. A través del debate público, los líderes intelectuales españoles trasladaron los crecientes problemas sociales a un plano meramente moral, generando una estrategia que buscaba controlar el comportamiento político radical sin tener que transformar a fondo el orden y las estructuras sociales existentes. La causa del problema, la razón por la cual las clases obreras y campesinas se agitaban, no estribaba en las inmensas diferencias

31 José Echegaray, *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales* (Madrid: Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, 1873); González, *El positivismo materialista*; Ortí, *La ciencia y la divina revelación*; Emilia Pardo Bazán, “Reflexiones científicas contra el darwinismo”, *La Ciencia Cristiana* 4 (1877): 289-298 y 481-493; 8 (1878): 218-233, 393-410 y 481-495; Huelin, “Petróleo cual agente de bárbaros incendios”; Louis Figuier, *Después de la muerte; ó La vida futura según la ciencia* (Barcelona: Juan Olivares, 1873).

y desigualdades sociales sino, simplemente, en la degradación moral de las masas.

Institucionalización de la física teórica

Además de sus funciones moralizadoras y modernizadoras, la comunicación de la termodinámica cumplió muchas otras funciones. En el plano institucional, la termodinámica jugó un papel central en el proceso de legitimar la enseñanza de la física teórica en las universidades españolas. De hecho, la única asignatura de la Facultad de Ciencias que contemplaba en la década de 1870 la enseñanza de una física teórica era la llamada *física matemática*, que pertenecía a la sección de ciencias exactas. Desde su creación oficial, en la década de 1850, los planes de estudios de ciencias naturales de las universidades españolas le prestaban poca atención a las asignaturas que no fueran de carácter aplicado y utilitario. Por lo tanto, una asignatura como la de física matemática era muy poco relevante. De forma significativa, esta cátedra fue retirada del programa de estudios en 1866³². La reforma al plan de estudios de la Facultad de Ciencias que se llevó a cabo en ese año era un reflejo del poco interés que el Estado tenía en la educación científica y técnica. Cuestión que se evidenció igualmente en las escuelas de ingeniería y, en particular, en las de ingeniería industrial, que después de un cierto apogeo, en los últimos años de la década de 1860, fue decreciendo en su número hasta quedar sólo abierta la Escuela de Barcelona³³.

Dentro de este contexto de debilidad institucional, los ingenieros Gumersindo Vicuña, José Echegaray y Francisco Rojas lograron legitimar y consolidar la enseñanza de la física en

la universidad española, a la vez que fueron percibidos públicamente como las autoridades locales de la física moderna. A través de textos divulgativos, manuales de enseñanza y conferencias, definieron los campos de estudio y de aplicación, el desarrollo histórico, los representantes legítimos, la aproximación epistemológica y las características ontológicas de la física moderna³⁴. Una vez restaurada la cátedra de la física matemática en la década de 1870, estos tres ingenieros se ocuparon de su enseñanza en la Universidad Central de Madrid, fueron miembros de la Real Academia de Ciencias de Madrid, se citaron mutuamente en sus textos y la comunidad científica española los consideró como los representantes oficiales de la termodinámica.

La física matemática fue definida por estos ingenieros como una ciencia que se caracterizaba por su capacidad de síntesis y que se articulaba en una concepción mecánica de los fenómenos. Según ellos, las hipótesis mecánicas representaban la base conceptual de la física moderna. Esta definición epistemológica de la física fue presentada como clave para el progreso tanto moral como material de la sociedad española. En efecto, para estos ingenieros, una aproximación al estudio de la naturaleza basado exclusivamente en datos experimentales no sólo supuso un problema metodológico para el desarrollo de la física, sino igualmente importante, un problema social, toda vez que representaba la puerta de entrada a un materialismo ateo. Echegaray, Vicuña y Rojas discutieron ampliamente en sus textos las características epistemológicas que la física moderna debía tener. Aunque la física debía basarse en la experiencia, se destacó, a la vez,

32 Esta reforma fue realizada por el entonces ministro de fomento, Manuel de Orovio. Además de eliminar la citada asignatura, también eliminó la llamada *fluidos imponderables* y redujo las secciones de la Facultad de Ciencias a dos. Al respecto, ver Antonio Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. Sobre la física en la universidad y otras instituciones académicas desde la Ilustración hasta la crisis finisecular del XIX* (Madrid: CSIC, 1988).

33 Al respecto, ver Stefan Pohl-Valero, "La termodinámica como elemento legitimador de la física teórica y aplicada en la España de la segunda mitad del siglo XIX", *Quaderns D'Història de L'Enginyeria* 7 (2006): 79.

34 José Echegaray, *Tratado elemental de termodinámica* (Madrid: Imprenta de los Conocimientos útiles, 1868); Echegaray, *Teorías modernas de la física*; Gumersindo Vicuña, *Teoría y cálculo de las máquinas de vapor y gas con arreglo a la termodinámica* (Madrid: Manuel Tello, 1872); Gumersindo Vicuña, *Elementos de física al alcance de todo el mundo* (Madrid: J. Noguera, 1874); Gumersindo Vicuña, *Manual de física popular* (Madrid: Tipografía de Gregorio Estrada, 1878); Francisco Rojas, *Termodinámica. Su historia, sus aplicaciones y su importancia* (Barcelona: Establecimiento tipográfico de Luis Tasso, 1876); Francisco Rojas, *El problema físico y el problema químico se resolverán en el mecánico. Memoria presentada ante la Real Academia de Ciencias de Barcelona* (Manuscrito, Racab, 82.2 [CF. 28], 1877).

que debía tratar de alejarse de un “positivismo exagerado” que eludía toda metafísica y causas primeras. Un adecuado estudio de la naturaleza, alejándose de las doctrinas de los “materialistas y positivistas modernos”, tal como los nombraba Vicuña, significaba el mejor medio para acercarse a Dios y su perfección moral³⁵.

Adicionalmente, a partir de la definición epistemológica de la física, se construyó una imagen pública de la termodinámica que fue presentada como fiel exponente de la física matemática. Esto, a su vez, fue utilizado por Rojas, Echegaray y Vicuña para demostrar que el apoyo institucional de la física teórica significaba un aporte tangible al progreso material de las naciones modernas. En la medida que la física matemática había permitido la emergencia de la termodinámica, ciencia que su vez fue presentada como el motor fundamental del progreso industrial, se demostraba que el Estado español debería invertir y propiciar la enseñanza de una ciencia que en principio parecía puramente teórica y de escasa utilidad práctica. No obstante, presentar a la termodinámica como fruto de la física matemática implicaba asociar dos aproximaciones divergentes a los fenómenos físicos. Por un lado, se estaba recurriendo a la utilidad de la termodinámica como un método para optimizar las máquinas térmicas y, por el otro, se hacía énfasis en su fundamento mecánico-hipotético. Esto era bastante peculiar porque la ciencia de la termodinámica, como herramienta conceptual de los ingenieros, se presentó en otros contextos como una ciencia basada estrictamente en la experimentación, que no dependía en absoluto de hipótesis mecánicas y cuyas leyes se derivaban de hechos experimentales³⁶.

Dado el papel central que se le otorgó a la termodinámica para legitimar institucionalmente la física matemática, para Vicuña, Echegaray y Rojas, fue muy importante construir una imagen pública de la termodinámica que no

fuera asociada con el materialismo antirreligioso representado por autores como Büchner. Como se desprende de un análisis detallado de los textos de estos ingenieros, se evidencia que en el proceso de apropiación de las leyes de la termodinámica, la búsqueda de unas estrategias de adaptación de acuerdo con los valores dominantes del entorno intelectual y social descrito anteriormente jugó un papel fundamental³⁷. La idea de que los fenómenos físicos eran diferentes manifestaciones de la energía fue presentada por los tres ingenieros como el gran logro de la ciencia del siglo XIX. No obstante, y a diferencia de otros contextos, la energía recibió por parte de ellos una interpretación ontológica que negaba su estatus de realidad física, explicándola como el resultado de la materia inerte en movimiento. Este rechazo al concepto fundamental de energía debe buscarse, por lo menos en parte, como respuesta a los argumentos termodinámicos utilizados por los naturalistas y materialistas científicos. Aunque en otros contextos, en el británico por ejemplo, la segunda ley de la termodinámica representó un importante argumento antimaterialista —demostrando que el universo había tenido un principio y tendría un final—³⁸, durante la década de 1870, el argumento de Büchner de que la fuerza y la materia eran inseparables y que, por lo tanto, el universo era eterno y cíclico acaparó la atención pública española y centró los argumentos antimaterialistas en la interpretación ontológica de la energía. Echegaray y Rojas, en especial, se esforzaron en demostrar que la energía no era una propiedad intrínseca de la naturaleza, necesitando la materia inerte la mano de Dios para su activación. La “correcta” interpretación de este concepto, así como la clara distinción entre los fenómenos naturales y los espirituales fueron presentados por estos ingenieros como los elementos diferenciadores entre aquellos materialistas como Büchner y los físicos legítimos. Este proceso de apropiación de las leyes de la termodinámica demostró que, para estos ingenieros, la filosofía natural y la filosofía

35 Vicuña, Gumersindo, “Relaciones principales entre las teorías matemáticas de la física”, en *Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Madrid: Imprenta de la viuda e hijo de D. Eusebio Aguado, 1883), 57.

36 Esta sería la postura del ingeniero inglés M. Rankine, uno de los fundadores de la termodinámica. Al respecto, ver Smith, *The Science of Energy*, 165.

37 Detalles sobre la institucionalización de la física teórica en España se encuentran en Pohl-Valero, “La termodinámica como elemento legitimador”.

38 Al respecto, ver Smith, *The Science of Energy*, 140-149.

moral eran aspectos integrantes en el estudio de la naturaleza. La física matemática, siendo la termodinámica su máxima representante, era una disciplina que informaba aspectos tanto materiales como morales y era justamente en evitar esta separación en que se basaba la legitimidad de su actividad.

De forma paralela a los esfuerzos de Echegaray, Rojas y Vicuña por definir las características de la física moderna, el doctor en física Enrique Serrano Fatigati propuso un programa pedagógico de la física que, aunque evitaba igualmente ser tildado de materialista, se alejaba, no obstante, de las normas epistemológicas y ontológicas definidas por estos ingenieros³⁹. La comparación entre estos dos *estilos* de física es una clara muestra de que esta ciencia se estaba construyendo como una disciplina científica en la España de la época. Tanto los textos de Echegaray, Rojas y Vicuña, como los de Serrano y su círculo, pueden ser interpretados como elementos dentro de un proceso de construcción disciplinar⁴⁰. A través de ellos, se definieron los campos de estudio y de aplicación de la física, su desarrollo histórico, sus representantes legítimos, su aproximación epistemológica y sus características ontológicas. Si la física matemática definida por Echegaray y su grupo representó y condicionó la física teórica que se enseñó en la universidad española en los restantes años del siglo XIX⁴¹, la energética de Serrano, que abogaba por situar a la ciencia de la

energía como la base fundamental para el estudio de la física y la biología, sirvió para caracterizar una cultura científica alternativa y nacional que fue presentada como propia de los ideales liberales de la Institución Libre de Enseñanza (ILE)⁴². Algunos de sus miembros utilizaron la propuesta pedagógica de Serrano como el ejemplo ideal de un programa que pretendía educar a los estudiantes no sólo en cuestiones científicas, sino que, a través de su original aproximación epistemológica y ontológica, ofrecía una fuente de identidad cultural nacional⁴³.

Energética de la vida

En 1875, recién restaurada la monarquía española de los Borbones, la Dirección de Instrucción Pública emitió la orden de que todos los profesores empleados por el Estado debían respetar y seguir los dogmas católicos en sus actividades docentes. Frente a este menoscabo de la libertad de enseñanza, muchos profesores protestaron y algunos de ellos fueron destituidos de sus cargos. Como consecuencia, se generó una iniciativa privada para fundar una institución de enseñanza media y superior que, como alternativa a la oficial, promulgara la libertad de enseñanza y los valores liberales y seculares que se habían tratado de instaurar durante el Sexenio democrático. Bajo el liderazgo de los intelectuales Giner de los Ríos y Gumersindo Azcárate, la Institución Libre de Enseñanza (ILE) fue fundada en 1876. La ILE fue ideada como un espacio educativo autónomo donde se formaría la élite liberal española llamada a reformar y modernizar el Estado⁴⁴.

Dentro de las estrategias pedagógicas de la ILE, la energética desarrollada por Serrano fue adoptada como la ciencia que daba un sustento

39 Los principales textos de Serrano al respecto son: Enrique Serrano, "La evolución en la naturaleza", *Revista de la Universidad de Madrid* 3 (1874): 292-317 y 496-512; Enrique Serrano, "Apuntes para un programa de física", *Revista de la Universidad de Madrid* 5 (1875): 60-87 y 361-404; Enrique Serrano, "Una lección de física general", *Revista de la Universidad de Madrid* 6 (1876): 71-97 y 167-180; Enrique Serrano, "Concepto de la física fisiológica", *Revista Europea* 9 (1877): 434-439 y 463-467.

40 Sobre los procesos de construcción de disciplinas científicas, ver Jan Golinski, *Science as public culture. Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992); Mary Jo Nye, *From chemical philosophy to theoretical chemistry. Dynamics of matter and dynamics of disciplines, 1800-1950* (Berkeley: University of California Press, 1993); Kathryn Olesko, *Physiks as a calling: discipline and practice in the Königsberg Seminar for physics* (Ithaca: Cornell University Press, 1991).

41 Sobre la influencia que tuvo el "paradigma echegariano" en la articulación de la radioactividad en la España de principios del siglo XX, ver Néstor Herran, "Radioactividad en España: Ascenso y declive del Instituto de Radiactividad, 1904-1929" (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, 2006), cap. 2.

42 Institución privada de enseñanza secundaria y superior fundada en 1876. Sobre su importancia cultural en la España de la Restauración, ver Antonio Jiménez García, *El Krausismo y la Institución Libre de Enseñanza* (Madrid: Cincel, 1986); Inman E. Fox, *La Invención de España: nacionalismo liberal e identidad nacional* (Madrid: Cátedra, 1997).

43 Alfredo Calderón, *Movimiento novísimo de la filosofía natural de España* (Madrid: Viuda e hijos de García, 1879).

44 Durante la Restauración, La ILE fue una de las principales instituciones españolas que aportó un espacio cultural para la construcción de una identidad nacional al servicio de los ideales políticos liberales. Al respecto, ver Fox, *La Invención de España*.

científico a sus ideales sociales. En efecto, las teorías energéticas y evolutivas del universo desarrolladas por Serrano operaron como fuente legitimadora de uno de los ideales liberales de la ILE, que consistía en fomentar la ideología de progreso, presentándola como una ley natural. Una visión del universo en continuo progreso regido por leyes naturales significaba una excelente herramienta a la hora de abogar por cambios en la sociedad y en las instituciones. De hecho, para muchos intelectuales conservadores, esta visión progresiva del cosmos representaba de forma perfecta un orden social alejado de sus intereses. Aunque el concepto teológico del deísmo significó una posición conciliadora entre ciencia y religión adoptada por mucho católicos liberales, para muchos otros era la puerta de entrada para abolir las instituciones tradicionales. La idea de que Dios había creado el universo y establecido las leyes que lo regían, para luego dejar que este siguiera su curso de forma independiente representaba en la tierra, como un comentarista literalmente dijera, una monarquía constitucional y democrática en la que el monarca se encontraba amarrado de brazos para regir el destino de su pueblo⁴⁵.

La idea general de que el mundo social reflejaba el mundo natural, significó un importante argumento para legitimar las aspiraciones reformistas de la época. Que el universo y la naturaleza fueran un lugar de cambio y, de hecho, de continuo progreso representaba lo erróneo de interpretar a las instituciones y la sociedad como algo estacionario. El progreso de la naturaleza implicaba la necesidad de cambios en la sociedad⁴⁶. El evolucionismo energético desarrollado por Serrano debe ser entendido dentro de este proyecto de reformas sociales propio del contexto político del Sexenio y de la Restauración y refleja la importancia de la termodinámica en este proceso.

45 Cortés, *El Sobrenaturalismo y el naturalismo*, 53.

46 Alfredo Calderón, "Una idea. Estudios de filosofía natural. Total organización de la materia", *Revista de España* 29 (1872): 193.

47 Para detalles al respecto, ver Stefan Pohl-Valero, "The Circulation of Energy: Thermodynamics, National Culture and Social Progress in Spain, 1868-1890", en *Popularizing science and technology in the European periphery, 1800-2000*, ed. Faidra Papaneloplou, Agustí Nieto-Galan y Enrique Perdiguero (Aldershot: Ashgate, 2009), 115-134.

En efecto, un análisis detallado de los textos de Serrano ha indicado el papel relevante que tuvieron las leyes de la termodinámica en la configuración y legitimación de una visión progresiva del cosmos y de la sociedad⁴⁷. De acuerdo a Serrano, las leyes de la termodinámica se complementaban mutuamente y demostraban que la naturaleza se regía por un evolucionismo teleológico en el que los planetas, las especies y la sociedad iban mejorando cada vez más. El hecho de que Serrano articulara su visión evolutiva y progresiva de la naturaleza a través de estas dos leyes pone de manifiesto que el significado cosmológico de la entropía, que parecía contradecir la percepción optimista y progresiva de la naturaleza, no estuvo necesariamente asociado en el contexto español de la década de 1870 con una visión decadente del universo⁴⁸. Esto demuestra que una misma ley científica se pudo interpretar de manera distinta, lo cual relaciona los contenidos de las teorías científicas con sus usos sociales.

Los esfuerzos de Serrano y su círculo por definir la energía como el elemento básico y trascendental de la naturaleza y la "energética" como la ciencia fundamental para su estudio reflejaron que la termodinámica fue un artefacto cultural que circuló a través de las ciencias físicas y las ciencias de la vida y a través del mundo natural y el social. Para algunos reformadores de la Restauración, la termodinámica significó una ciencia que podría resolver las profundas tensiones sociales propias de una sociedad capitalista y en pleno proceso industrializador. En los primeros años de 1880, científicos como José Rodríguez Mourelo o Laureano Calderón expresaban que la energética desarrollada por Serrano era la ciencia ideal para el estudio del ser humano y la sociedad⁴⁹. Para estos científicos, las leyes de la

48 Como ha señalado el historiador Stephen Brush, el concepto de la entropía (y la muerte térmica del universo como su consecuencia) fue interpretado en el contexto británico como un proceso natural de decaimiento en vez de progreso y, por lo tanto, pareció contradecir la percepción optimista de las teorías evolutivas presentes en la biología y las ciencias sociales. Stephen G Brush, "The Nebular Hypothesis and the Evolutionary Worldview", *History of Science* 25 (1987): 263.

energía debían informar campos como la sociología y la psicología. Gracias a los esfuerzos que se habían realizado por construir una imagen “adecuada” de la termodinámica en la década de 1870, en la siguiente década, esta ciencia logró adquirir un significado público cada vez más “neutral” y un sentido cada vez más práctico, lo que permitió que los reformadores de la Restauración pudieran elaborar una termodinámica social como parte de sus proyectos políticos y sociales.

Termodinámica social

A lo largo de la década de 1880, y tal como lo comentara el político liberal Segismundo Moret, la termodinámica había dejado de relacionarse con un materialismo ateo. Precisamente gracias a la labor divulgativa de hombres como Echegaray, destacaba Moret, se había logrado una visión armónica entre ciencia y religión y el materialismo científico había empezado a declinar⁵⁰. Las palabras de Moret reflejaban la percepción de que las leyes de la termodinámica se encontraban preparadas culturalmente para pasar a la acción, esto es, para influir en la configuración de la sociedad española. El debate público sobre la termodinámica ya no sólo se centraba en las implicaciones teológicas y materialistas de sus leyes. A los ojos de los reformadores liberales de la Restauración, la termodinámica había logrado revestirse de una “neutralidad” ideológica que le permitía sustentar de manera eficaz unos nuevos valores sociales. En particular, esta ciencia se

convirtió en la base conceptual de una metáfora que equiparaba el funcionamiento de la sociedad con un sistema energético en el que la capacidad de progreso se medía en términos de trabajo aprovechable.

Cuando en 1887, en medio de grandes tensiones entre la clase obrera y los industriales catalanes, el ingeniero Louis Rouvière argumentaba en el Ateneo Barcelonés la inminencia de un diluvio universal a partir de un análisis termodinámico del cosmos, no sólo estaba articulando un discurso que abogaba por una mano de obra industrial disciplinada y eficiente como la única solución para evitar ese escenario catastrófico, sino que, a su vez, reflejaba cómo la sociedad empezaba a ser concebida como un sistema de producción industrial de energía. Rouvière, por aquel entonces presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona, argumentaba que la única manera de evitar la catástrofe de un diluvio universal era generar grandes cantidades de calor en la tierra, lo cual significaba que había que optimizar el uso de las fuerzas naturales para aumentar la producción industrial y, con esto, aumentar la riqueza. Rouvière realizaba un esfuerzo desesperado por convencer a la clase obrera y a los patrones industriales de que la única manera de alcanzar la prosperidad de las naciones, y a la vez evitar la muerte de la humanidad, consistía en aumentar la capacidad industrial de producción mediante el trabajo disciplinado y abnegado de todos ellos⁵¹.

Los debates económicos en torno a la aplicación de aranceles sobre los productos importados reflejaron igualmente una percepción energética de la sociedad. En efecto, los discursos económicos de personajes como José Echegaray y Pedro Estasen recurrían a la optimización de la energía como el principal argumento para legitimar sus posturas económicas. Si en la década de 1860 Echegaray defendía el librecambismo en términos morales y tildaba la corriente proteccionista como un sistema materialista, en la década de 1880, la

49 Laureano Calderón, “Concepto de la materia,” en *Curso de ciencias naturales. Conferencias* (Madrid: Tip. de Manuel G. Hernández, 1883), 21-48; Laureano Calderón, “Discurso de apertura del curso 1884. Sección de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,” en *Discursos leídos en el Ateneo Científico, Literario y Artístico de Madrid con motivo de la apertura del curso de 1884* (Madrid: Imprenta Central a cargo de Víctor Saiz, 1884), 99-136; José Rodríguez Mourello, *Concepto actual del cosmos* (Madrid: Tip. de M. P. Montoya, 1880); José Rodríguez Mourello, “Concepto de la energía,” en *Curso de ciencias naturales. Conferencias* (Madrid: Tip. de Manuel G. Hernández, 1883), 49-85.

50 Segismundo Moret, *Discurso leído por el Excmo. Señor D. Segismundo Moret y Prendergast el día 4 de noviembre de 1884 en el Ateneo Científico y Literario de Madrid con motivo de la apertura de sus cátedras* (Madrid: Imprenta Central a cargo de Víctor Saiz, 1884), 71-72.

51 Luis Rouvière, *Leyes cósmicas según el principio dinámico del calor: trabajo puesto al alcance de todo el mundo* (Barcelona: Imprenta de Jaime de Jepús y Roviralta, 1887).

defensa del libre cambio se basó en su capacidad de permitir la libre circulación y transformación de la energía. La respuesta de Estasen, abogado y acérrimo defensor del proteccionismo económico, no hacía sino reforzar la visión termodinámica del mundo económico al aludir a la acumulación de energía como el fin científico que perseguía el proteccionismo⁵². Esta nueva visión de la sociedad como un sistema termodinámico empezaba a consolidarse en la mentalidad de los líderes intelectuales de la Restauración. Lograr la máxima utilización de la energía que la naturaleza le dispensaba al ser humano se estaba convirtiendo en uno de los nuevos valores de la sociedad liberal de la época.

No deja de ser sugerente que en la principal institución cultural y política española de la época, el Ateneo de Madrid, el químico Laureano Calderón indicara que la ciencia de la energía debía ser la base conceptual para analizar y mejorar la sociedad; que el político liberal Segismundo Moret, recién nombrado como presidente de la Comisión de Reformas Sociales⁵³, impartiera un discurso sobre la termodinámica y su relación con las teorías sociales⁵⁴ y que el doctor en física y experto en termodinámica, Enrique Serrano Fatigati, fuera designado por la Comisión para elaborar un informe sobre el estudio de la vida obrera en España⁵⁵.

52 José Echegaray, "Examen de los principios del sistema protector bajo el punto de vista filosófico", en *Conferencias libre-cambistas. Discursos pronunciados en el Ateneo Científico y Literario de Madrid* (Madrid: Imprenta de Manuel Galiano, 1863), 83-99; José Echegaray, "Aplicación de las fuerzas naturales a la industria y al comercio", en *Conferencias del curso de 1879 a 1880. Círculo de la Unión Mercantil* (Madrid: Imprenta y esterotipia de El Liberal, 1881), 105-125; Pedro Estasen, *El positivismo. O sistema de las ciencias experimentales* (Barcelona: Jané hermanos, 1877); Pedro Estasen, *La Protección y el libre cambio: consideraciones generales sobre la organización económica de las nacionalidades y la libertad de comercio* (Barcelona: Estab. Tip. de los Sucesores de Ramírez, 1880).

53 La Comisión de Reformas Sociales se creó en 1883 por parte del gobierno central y con el objeto de estudiar las cuestiones que directamente interesaban a la mejora o bienestar de las clases obreras, tanto agrícolas como industriales, y que afectaban a las relaciones entre el capital y el trabajo. Al respecto, ver Juan Ignacio Palacio Morena, *La institucionalización de la reforma social en España, 1883-1924: la Comisión y el Instituto de Reformas Sociales* (Madrid: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1988).

54 Calderón, "Discurso de apertura del curso 1884"; Moret, *Discurso leído por el Excmo.*

Estos estudios higiénicos, además de articular y legitimar una segregación espacial y una higiene moral, tal como ha hecho notar Antonio Buj⁵⁶, pueden también entenderse como el embrión de una nueva concepción de la sociedad en la que la preocupación por la higiene de los trabajadores podría ser vista como una forma de mejorar su capacidad de producción, de optimizar, en otras palabras, una máquina humana que convirtiera energía en trabajo. El interés en que los obreros tuvieran una vivienda y alimentación adecuada refleja, desde este punto de vista, una percepción fisiológica del cuerpo que, informada por la termodinámica, buscaba optimizar su capacidad de trabajo conservando sus energías.

Además del cuerpo de los obreros, la metáfora termodinámica también informó la conceptualización del cuerpo social. Esta representación de la sociedad como una máquina térmica se evidenció en los debates sobre la llamada "cuestión obrera". Al igual que con el darwinismo social, se utilizó una analogía entre el mundo natural y el mundo social para demostrar que la configuración de la actividad política debía estar regida por leyes naturales. En los primeros años de 1890, el químico Laureano Calderón reflejó sus aspiraciones de extender la energética al estudio de la sociedad. En el Ateneo de Madrid, en una serie de conferencias sobre la "cuestión obrera", Calderón argumentaba que la entropía demostraba que para que una máquina térmica funcionara era necesario un desnivel de temperaturas, desnivel que en la máquina social representaba la configuración de un Estado que promovía un comportamiento individualista y que respaldaba el espíritu competitivo del capitalismo. Que el Estado o la Iglesia trataran de eliminar las diferencias de clase, aseguraba Calderón, conduciría inevitablemente a que la

55 Enrique Serrano Fatigati, *Alimentos adulterados y defunciones: apuntes para el estudio de la vida obrera en España* (Madrid: Imprenta de El Día, 1882).

56 Antonio Buj, "La cuestión urbana en los informes de la comisión de reformas sociales", en *Ciencia e ideología en la Ciudad (II). I Coloquio Interdepartamental. Valencia, 1991*, ed. Horacio Capel y José M. López Piñero (Valencia: Generalitat Valenciana/Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, 1994), 73-86.

máquina social fuera cada vez menos eficiente y que, en última instancia, se volviera inservible⁵⁷. Si para el líder intelectual conservador de la Restauración, Cánovas del Castillo, las desigualdades sociales eran una comprobación de una cosmovisión cristiana que defendía un orden jerárquico, inmutable y teológico del universo y de la sociedad, para Calderón, dichas desigualdades obedecían a una ley natural. Si Cánovas podía afirmar al inicio de la Restauración que “las desigualdades provienen de Dios, que son propias de nuestra naturaleza y creo su puesta esta diferencia en la inteligencia y hasta en la moralidad, que las minorías inteligentes gobernarán siempre el mundo”⁵⁸, Calderón, recurriendo a la metáfora de la sociedad como una máquina térmica, podía concluir su intervención sobre la “cuestión obrera” con las siguientes palabras: “Esperar, pues, que la intervención del Estado o la Religión, puedan establecer estas nivelaciones, sin dar por resultado que la vida social cese por completo, es pensar un absurdo. En la sociedad como en la Naturaleza, el desnivel y el desequilibrio es la primera condición de la vida”⁵⁹.

Conclusiones

En la España del último tercio del siglo XIX, las leyes de la termodinámica demostraron ser una poderosa fuerza cultural, que, como la energía, estaban constantemente circulando, es decir, comunicándose y transformándose en la esfera pública. Diferentes líderes intelectuales de la época hicieron múltiples lecturas de sus leyes, exponiéndolas y discutiéndolas en diversos ámbitos culturales: revolucionarios que veían en la democratización de la ciencia la base fundamental para el cambio social; intelectuales católicos interesados en presentar una imagen pública armónica entre ciencia y religión y, con

ello, preservar la autoridad moral de la Iglesia; incipientes divulgadores profesionales de la ciencia que destacaban la importancia social y nacional de su trabajo; profesores universitarios y de enseñanza secundaria que buscaban legitimar sus propias actividades científicas y obtener respaldo público y estatal; reformadores sociales que pretendían articular y legitimar sus teorías sociales a partir de leyes naturales.

Estas circunstancias auspiciaron un amplio debate público sobre ciencia, cultura y política, que tenía como telón de fondo la búsqueda de diversas posibilidades reformistas que abarcaban el Estado, las instituciones y la sociedad. Como ha señalado el historiador Manuel Suárez Cortina, las posibilidades de renovación y transformación propias de la Restauración fueron variadas y constituyeron “un escenario preñado de transacciones entre opuestos”⁶⁰. Dentro de esta diversidad de discursos, el significado de progreso y su relación con la ciencia fue igualmente variado. La ciencia, y en nuestro caso la termodinámica, jugó un papel importante a la hora de definir qué iba a ser España como nación y como Estado y en la configuración de la cultura del progreso. No obstante, no existía un consenso claro sobre cuáles eran los valores propios de aquella ciencia que, en términos generales, se percibía como un instrumento fundamental para el progreso de la humanidad. Tanto reformistas, como revolucionarios y conservadores hicieron propio el poder social de la ciencia y lo utilizaron en discursos en los que se abogaba por diferentes fórmulas para el progreso de la sociedad y del Estado. Suárez Cortina ha resaltado este punto al señalar que “el progreso se conformó, pues, como un referente central a todas las fuerzas liberales democráticas de la España del siglo XIX, y es desde él desde donde los científicos, literatos, filósofos y políticos interpretaron/construyeron la cultura española de su tiempo”⁶¹.

57 Laureano Calderón, “La cuestión social y las ciencias naturales”, en *Discurso pronunciado en el Ateneo de Madrid en 1890-1891* (Madrid: Moya, 1891), 1-11.

58 Citado en Antoni Jutglar, “Actitudes conservadoras ante la realidad obrera, en la etapa de la Restauración”, *Revista de Trabajo* 25 (1969): 51.

59 Calderón, “La cuestión social y las ciencias naturales”, 11.

60 Manuel Suárez Cortina, “Introducción”, en *La Restauración, entre el liberalismo y la democracia*, ed. Manuel Suárez Cortina (Madrid: Alianza Editorial, 1997), 11-12.

61 Manuel Suárez Cortina, “Introducción: Libertad, progreso y democracia en la España liberal”, en *La redención del pueblo. La cultura progresista en la España liberal*, ed. Manuel Suárez Cortina (Santander: Universidad de Cantabria, 2006), 17.

Al tener en cuenta la forma como se fueron construyendo los valores asociados a la nueva ciencia del calor, así como la diversidad de actores y la multiplicidad de intereses involucrados en los procesos de su comunicación, el presente trabajo aporta una imagen renovada de la historia cultural de la ciencia, que pretende superar las demarcaciones disciplinares tradicionales, así como la historiografía de las grandes figuras. Como se desprende de los resultados expuestos en este texto, la comunicación de la termodinámica fue un proceso que integró prácticas científicas, religiosas, políticas y otras formas de comportamiento social. La termodinámica circuló a través de diferentes disciplinas (ciencias físicas y ciencias de la vida, filosofía natural y filosofía moral), a través de diferentes grupos sociales y de diferentes ámbitos culturales (ciencia, religión, política, literatura), demostrando que las fronteras entre expertos y profanos, entre ciencias naturales y ciencias sociales, y entre divulgación y enseñanza eran maleables y difusas. Esta investigación dibuja, por lo tanto, una imagen de la cultura científica en la España de la segunda mitad del siglo XIX que rompe la tradicional separación, propia de la modernidad, entre el orden natural y el orden cultural.

Para un período histórico como el de la segunda mitad del siglo XIX, con una física en pleno proceso de institucionalización y profesionalización⁶² y con la emergencia de los modernos Estados-naciones europeos, el papel social y cultural de la propia física cobra una dimensión relevante. No obstante, en el contexto historiográfico español, existen muy pocos trabajos que hayan realizado un análisis sistemático de la relación e interacción entre los procesos de comunicación de la física y la política, la retórica de modernización y secularización y la construcción de la nación. Poco sabemos sobre el proceso de apropiación de los conocimientos científicos de acuerdo a estos proyectos. ¿Cómo y por qué se interpretaron y se

adaptaron las leyes de la física? ¿Cómo fueron utilizadas (enseñadas, divulgadas, discutidas) las ideas científicas para legitimar el poder, para sustentar un determinado orden social y para gestionar de forma eficiente a la sociedad, para institucionalizar las disciplinas científicas o para imaginar una nueva nación? Este trabajo intentó delinear algunas ideas y aproximaciones que sirvan para dar respuesta a estas preguntas. Ninguna de ellas representó el foco central de la investigación, pero al rastrear la circulación de los conceptos de la termodinámica en la esfera pública española de la época, estas cuestiones se evidencian como parte integrante del proceso de comunicación y apropiación de la ciencia.

Obras citadas

Fuentes primarias

- Alas, Leopoldo. *Solos de Clarín*. Madrid: Alfredo de Carlos Hierro, 1881.
- Büchner, Ludwig. *Fuerza y materia. Estudios populares de historia y filosofía naturales*. Madrid: Librería de Alfonso Durán, 1868.
- Büchner, Ludwig. *Ciencia y naturaleza: ensayos de filosofía y de ciencia natural*. Málaga: Hijos de J. G. Taboadela, 1873.
- Calderón, Alfredo. "Una idea. Estudios de filosofía natural. Total organización de la materia". *Revista de España* 29 (1872): 187-198.
- Calderón, Alfredo. *Movimiento novísimo de la filosofía natural de España*. Madrid: Viuda e hijos de García, 1879.
- Calderón, Laureano. "Concepto de la materia". En *Curso de ciencias naturales. Conferencias*, 21-48. Madrid: Tip. de Manuel G. Hernández, 1883.
- Calderón, Laureano. "Discurso de apertura del curso 1884. Sección de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales". En *Discursos leídos en el Ateneo Científico, Literario y Artístico de Madrid con motivo de la apertura del curso de 1884*, 99-136. Madrid: Imprenta Central a cargo de Víctor Saiz, 1884.
- Calderón, Laureano. "La cuestión social y las ciencias naturales". En *Discurso pronunciado en el Ateneo de Madrid en 1890-1891*, 1-11. Madrid: Moya, 1891.

⁶² David Cahan, "Looking at Nineteenth-Century Science: An Introduction", en *From Natural Philosophy to the Sciences. Writing the History of Nineteenth-Century Science*, ed. David Cahan (Chicago: The University of Chicago Press, 2003), 3-15.

- Cámara, Tomás. *Contestación á la Historia del conflicto entre la Religión y la Ciencia de Don Juan Guillermo Draper*. Valladolid: Gavina y Zapatero, 1879.
- Caminero, Francisco. “El doctor Büchner o el catecismo de los materialistas”. *La Defensa de la Sociedad* 4 (1873-74): 439-487.
- Comellas, Antonio. *Demostración de la armonía entre la religión y la ciencia*. Barcelona: Librería de Álvaro Verdaguer, 1880.
- Cornoldi, Juan. “Examen crítico de la historia de los conflictos entre la religión y la ciencia de Guillermo Draper”. *La Ciencia Cristiana* 2 (1877): 512-529; 3 (1877): 15-27.
- Cortés, Ricardo. *El Sobrenaturalismo y el naturalismo en sus relaciones con la ciencia*. Madrid: Imprenta Peninsular, 1879.
- Echegaray, José. “Examen de los principios del sistema protector bajo el punto de vista filosófico”. En *Conferencias libre-cambistas. Discursos pronunciados en el Ateneo Científico y Literario de Madrid*, 83-99. Madrid: Imprenta de Manuel Galiano, 1863.
- Echegaray, José. *Tratado elemental de termodinámica*. Madrid: Imprenta de los Conocimientos útiles, 1868.
- Echegaray, José. *Teorías modernas de la física. Unidad de las fuerzas materiales*. Madrid: Imprenta y Estereotipia de M. Rivadeneyra, 1873.
- Echegaray, José. “Aplicación de las fuerzas naturales a la industria y al comercio”. En *Conferencias del curso de 1879 a 1880. Círculo de la Unión Mercantil*, 105-125. Madrid: Imprenta y esterotipia de El Liberal, 1881.
- Eleizalde, Luis María. “El materialismo contemporáneo y la ciencia cristiana”. *La Ciencia Cristiana* 5 (1877): 212-217; 6 (1878): 104-109.
- Estasen, Pedro. *El positivismo. O sistema de las ciencias experimentales*. Barcelona: Jané hermanos, 1877.
- Estasen, Pedro. *La Protección y el libre cambio: consideraciones generales sobre la organización económica de las nacionalidades y la libertad de comercio*. Barcelona: Estab. Tip. de los Sucesores de Ramírez, 1880.
- Fabie, Antonio María. *Examen del materialismo moderno*. Madrid: Imprenta de la viuda e hijo de D. Eusebio Aguado, 1875.
- Feliú, Bartolomé. “La ciencia moderna y el deber de los católicos”. *La Ciencia Cristiana* 4 (1877): 123-132.
- Figuier, Louis. *Después de la muerte; ó La vida futura según la ciencia*. Barcelona: Juan Olivares, 1873.
- García Álvarez, Rafael. *Estudios sobre el Transformismo*. Granada: Ventura Sabatel, 1883.
- González, Zeferino. *El positivismo materialista*. Madrid: Imprenta de Luis Aguado, 1872.
- Huelin, Emilio. “Petróleo cual agente de bárbaros incendios y de otras distintas maneras considerado”. *Revista de España* 31 (1873): 5-25.
- Janet, Paul. *El Materialismo contemporáneo*. Valencia: librería de Francisco Aguilar, 1877.
- Moret, Segismundo. *Discurso leído por el Excmo. Señor D. Segismundo Moret y Prendergast el día 4 de noviembre de 1884 en el Ateneo Científico y Literario de Madrid con motivo de la apertura de sus cátedras*. Madrid: Imprenta Central a cargo de Víctor Saiz, 1884.
- Ortí, Juan Manuel. “Revista de asociaciones científico-católicas”. *La Ciencia Cristiana* 2 (1877): 350-364.
- Ortí, Juan Manuel. *La ciencia y la divina revelación o Demostración de que entre las ciencias y los dogmas de la Religión Católica no pueden existir conflictos*. Madrid: Real Academia de Ciencias Morales y Políticas, 1881.
- Pardo Bazán, Emilia. “La ciencia amena”. *La Revista Compostelana* 3 (1876): 17-18; 4 (1876): 25-27; 6 (1876): 41-43; 7 (1876): 49-51; 8 (1876): 57-59; 9 (1877): 65-67; 10 (1877): 73-75; 11 (1877): 81-83; 12 (1877): 89-91; 13 (1877): 97-99; 14 (1877): 105-107.
- Pardo Bazán, Emilia. “Reflexiones científicas contra el darwinismo”. *La Ciencia Cristiana* 4 (1877): 289-298 y 481-493; 8 (1878): 218-233, 393-410 y 481-495.
- Rodríguez Mourelo, José. *Concepto actual del cosmos*. Madrid: Tip. de M. P. Montoya, 1880.
- Rodríguez Mourelo, José. “Concepto de la energía”. En *Curso de ciencias naturales. Conferencias*, 49-85. Madrid: Tip. de Manuel G. Hernández, 1883.
- Rojas, Francisco. *Termodinámica. Su historia, sus aplicaciones y su importancia*. Barcelona: Establecimiento tipográfico de Luis Tasso, 1876.

- Rojas, Francisco. *El problema físico y el problema químico se resolverán en el mecánico*. Memoria presentada ante la Real Academia de Ciencias de Barcelona. Manuscrito, Racab, 82.2 (CF. 28), 1877.
- Rouvière, Luis. *Leyes cósmicas según el principio dinámico del calor: trabajo puesto al alcance de todo el mundo*. Barcelona: Imprenta de Jaime de Jepús y Roviralta, 1887.
- Serrano Fatigati, Enrique. “La evolución en la naturaleza”. *Revista de la Universidad de Madrid* 3 (1874): 292-317 y 496-512.
- Serrano Fatigati, Enrique. “Apuntes para un programa de física”. *Revista de la Universidad de Madrid* 5 (1875): 60-87 y 361-404.
- Serrano Fatigati, Enrique. “Una lección de física general”. *Revista de la Universidad de Madrid* 6 (1876): 71-97 y 167-180.
- Serrano Fatigati, Enrique. “Concepto de la física fisiológica”. *Revista Europea* 9 (1877): 434-439 y 463-467.
- Serrano Fatigati, Enrique. *Alimentos adulterados y defunciones: apuntes para el estudio de la vida obrera en España*. Madrid: Imprenta de El Día, 1882.
- Vicuña, Gumersindo. *Teoría y cálculo de las máquinas de vapor y gas con arreglo a la termodinámica*. Madrid: Manuel Tello, 1872.
- Vicuña, Gumersindo. “Concepto y clasificación de las ciencias físico-matemáticas”. *Revista de la Universidad de Madrid* 2 (1873): 125-146.
- Vicuña, Gumersindo. *Elementos de física al alcance de todo el mundo*. Madrid: J. Noguera, 1874.
- Vicuña, Gumersindo. *Discurso leído en la Universidad de Central en el acto de la apertura del curso académico de 1875 a 1876*. Madrid: Imprenta de José M. Ducazcal, 1875.
- Vicuña, Gumersindo. *Manual de física popular*. Madrid: Tipografía de Gregorio Estrada, 1878.
- Vicuña, Gumersindo. “Relaciones principales entre las teorías matemáticas de la física”. En *Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1-60. Madrid: Imprenta de la viuda e hijo de D. Eusebio Aguado, 1883.
- 1472-1914, editado por Víctor Infantes et al., 559-567. Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez, 2003.
- Álvarez Junco, José. *La Comuna en España*. Madrid: Siglo XXI, 1971.
- Bensaude-Vincent, Bernardette. “In the name of science”. En *Science in the Twentieth Century*, editado por John Krige y Dominique Pestre, 319-338. Amsterdam: Harwood, 1997.
- Bloor, David. *Knowledge and Social Imagery*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
- Botrel, Jean-François. “Libertad de imprenta, entre la ley y las prácticas”. En *Historia de la edición y la lectura en España: 1472-1914*, editado por Víctor Infantes et al., 523-530. Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez, 2003.
- Brush, Stephen G. “The Nebular Hypothesis and the Evolutionary Worldview”. *History of Science* 25 (1987): 245-278.
- Buj, Antonio. “La cuestión urbana en los informes de la comisión de reformas sociales”. En *Ciencia e ideología en la Ciudad (II). I Coloquio Interdepartamental*. Valencia, 1991, editado por Horacio Capel y José M. López Piñero, 73-86. Valencia: Generalitat Valenciana/ Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, 1994.
- Cahan, David. “Looking at Nineteenth-Century Science: An Introduction”. En *From Natural Philosophy to the Sciences. Writing the History of Nineteenth-Century Science*, editado por David Cahan, 3-15. Chicago: The University of Chicago Press, 2003.
- Calhoun, Craig, ed. *Habermas and the Public Sphere*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1992.
- Chartier, Roger. “Texts, Printings, Readings”. En *The New Cultural History, editado por L. Hunt, 154-175*. Berkeley: University of California Press, 1989.
- Chartier, Roger. *El Mundo como representación: estudios sobre historia cultural*. México: Gedisa, 1992.
- Cooter, Roger. *The cultural meaning of popular science. Phrenology and the organization of consent in nineteenth-century Britain*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- Cooter, Roger y Stephen Pumfrey. “Separate Spheres and Public Places: Reflections on the

Fuentes secundarias

- Alonso, Cecilio. “El auge de la prensa periódica”. En *Historia de la edición y la lectura en España:*

- History of Science Popularization and Science in Popular Culture". *History of Science* 32 (1994): 237-267.
- Daum, Andreas W. *Wissenschaftspopularisierung im 19. Jahrhundert. Bürgerliche Kultur, naturwissenschaftliche Bildung und die deutsche Öffentlichkeit, 1848-1914*. München: Oldenbourg, 1998.
- Dear, Peter. "Cultural History of Science: An Overview with Reflections". *Science, Technology & Human Values* 20 (1995): 150-170.
- Eley, Geoff. "Nations, Publics and Political Cultures: Placing Habermas in the Nineteenth Century". En *Habermas and the Public Sphere*, editado por Craig Calhoun, 298-339. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1992.
- Fox, E. Inman. *La Invención de España: nacionalismo liberal e identidad nacional*. Madrid: Cátedra, 1997.
- Gavroglu, Kostas *et al.* "Science and Technology in the European Periphery: Some Historiographical Reflections". *History of Science* 46 (2008): 153-175.
- Glick, Thomas F. "Spain". En *The Comparative Reception of Darwinism*, editado por Thomas F. Glick, 307-345. Austin: University of Texas Press, 1972.
- Golinski, Jan. *Science as public culture. Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- Gregory, Frederick. *Scientific Materialism in Nineteenth-Century Germany*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1977.
- Herran, Néstor. "Radioactividad en España: Ascenso y declive del Instituto de Radiactividad, 1904-1929". *Tesis doctoral*, Universidad Autónoma de Barcelona, 2006.
- Jiménez García, Antonio. *El Krausismo y la Institución Libre de Enseñanza*. Madrid: Cincel, 1986.
- Jutglar, Antoni. "Actitudes conservadoras ante la realidad obrera, en la etapa de la Restauración". *Revista de Trabajo* 25 (1969): 45-71.
- Lafuente, A.; A. Elena y M. Ortega, ed. *Mundialización de la ciencia y cultura*. Madrid: Doce Calles, 1993.
- Latour, Bruno. "Pasteur y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias". En *Historia de las Ciencias*, editado por Michael Serres, 477-501. Madrid: Cátedra, 1991.
- Latour, Bruno. *Nunca hemos sido modernos: ensayo de antropología moderna*. Madrid: Debate, 1993.
- Latour, Bruno. *La esperanza de Pandora: Ensayos sobre la realidad de la ciencia*. Barcelona: Gedisa, 2001.
- Lida, Clara E. e Iris M. Zavala, ed. *La Revolución de 1868. Historia, pensamiento, literatura*. New York: Las Americas Publishing Company, 1970.
- Moreno González, Antonio. *Una ciencia en cuarentena. Sobre la física en la universidad y otras instituciones académicas desde la Ilustración hasta la crisis finisecular del XIX*. Madrid: CSIC, 1988.
- Morus, Iwan Rhys. *When Physics Became King*. Chicago: The University of Chicago Press, 2005.
- Nieto-Galan, Agustí. 1999, "The images of science in modern Spain. Rethinking the 'Polémica'". En *The Science in the European Periphery During the Enlightenment*, editado por Kostas Gavroglu, 73-94. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2005.
- Nieto Olarte, Mauricio. *Remedios para el Imperio. Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo*. Bogotá: Icanh, 2000.
- Núñez, Diego. *El darwinismo en España*. Madrid: Castalia, 1977.
- Nye, Mary Jo. *From chemical philosophy to theoretical chemistry. Dynamics of matter and dynamics of disciplines, 1800-1950*. Berkeley: University of California Press, 1993.
- Olesko, Kathryn. *Physik as a calling: discipline and practice in the Königsberg Seminar for physics*. Ithaca: Cornell University Press, 1991.
- Palacio Morena, Juan Ignacio. *La institucionalización de la reforma social en España, 1883-1924: la Comisión y el Instituto de Reformas Sociales*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1988.
- Payne, Stanley G. *El catolicismo español*. Barcelona: Planeta, 2006.
- Pelayo, Francisco. "Repercussions of Evolutionism in the Spanish Natural History Society". En *The Reception of Darwinism in the Iberian world: Spain, Spanish America and Brazil*, editado por Thomas F. Glick, Miguel Ángel Puig-Samper

- y Rosaura Ruiz, 95-110. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- Pohl-Valero, Stefan. "La termodinámica como elemento legitimador de la física teórica y aplicada en la España de la segunda mitad del siglo XIX". *Quaderns D'Història de L'Enginyeria* 7 (2006): 73-114.
- Pohl-Valero, Stefan. "La termodinámica, su historia y sus implicaciones sociales. Una revisión historiográfica". *Grafía* 5 (2007): 58-69.
- Pohl-Valero, Stefan. "La 'circulación' de la energía: Una historia cultural de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX". *Tesis doctoral*, Universidad Autónoma de Barcelona, 2007.
- Pohl-Valero, Stefan. "The Circulation of Energy: Thermodynamics, National Culture and Social Progress in Spain, 1868-1890". En *Popularizing science and technology in the European periphery, 1800-2000*, editado por Faidra Papanelopoulou, Agustí Nieto-Galan y Enrique Perdiguero, 115-134. Aldershot: Ashgate, 2009.
- Pratt, Dale J. *Signs of Science. Literature, Science and Spanish Modernity since 1868*. West Lafayette: Purdue University Press, 2001.
- Restrepo Forero, Olga. "En busca del orden: ciencia y poder en Colombia". *Asclepio* 50 (1998): 33-75.
- Restrepo Forero, Olga. "La sociología del conocimiento científico o de cómo huir de la 'recepción' y salir de la 'periferia'". En *Culturas científicas y saberes locales*, editado por Diana Obregón, 197-220. Bogotá: CES-Universidad Nacional de Colombia, 2000.
- Roldán Vera, Eugenia. *The British Book Trade and Spanish American Independence. Education and Knowledge Transmission in Transcontinental Perspective*. Aldershot: Ashgate, 2003.
- Sala Catalá, J. *Ideología y ciencia biológica en España entre 1860 y 1881. La difusión de un paradigma*. Madrid: CSIC, 1987.
- Secord, James. "Knowledge in Transit". *Isis* 95 (2004): 654-672.
- Serrano García, Rafael, ed. *España, 1868-1874: nuevos enfoques sobre el sexenio democrático*. Valladolid: Junta de Castilla León. Consejería de Educación, 2002.
- Shapin, Steven. "Science and the Public". En *Companion to the History of Modern Science*, editado por R. C. Olby y G. N. Cantor, 990-1007. London: Routledge, 1990.
- Shinn, Terry y Richard Whitley, ed. *Expository Science: Forms and Functions of Popularisation*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1985.
- Simmoes, Ana et al., ed. *Travels of Learning. A geography of Science in Europe*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- Smith, Crosbie. *The Science of Energy. A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*. Chicago: The University of Chicago Press, 1998.
- Smith, Crosbie. "Force, Energy and Thermodynamics". En *The Cambridge History of Science. Volume 5. The Modern Physical and Mathematical Sciences*, editado por Mary Jo Nye, 289-310. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- Suárez Cortina, Manuel. "Introducción". En *La Restauración, entre el liberalismo y la democracia*, editado por Manuel Suárez Cortina, 9-29. Madrid: Alianza Editorial, 1997.
- Suárez Cortina, Manuel. "Introducción: Libertad, progreso y democracia en la España liberal". En *La redención del pueblo. La cultura progresista en la España liberal*, editado por Manuel Suárez Cortina, 7-40. Santander: Universidad de Cantabria, 2006.
- Topham, Jonathan R. "A View from the Industrial Age". *Isis* 95 (2004): 431-442.
- Turner, Frank M. "John Tyndall and Victorian Scientific Naturalism". En *John Tyndall. Essays on a Natural Philosopher*, editado por W. H Brock et al., 169-180. Dublin: Royal Dublin Society, 1981.

■ Fecha de recepción: 15 de junio de 2009

■ Fecha de aceptación: 15 de septiembre de 2009