

ENERGÍA Y CULTURA:

**HISTORIA DE LA TERMODINÁMICA EN LA
ESPAÑA DE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX**

STEFAN POHL VALERO



OPERA
EXIMIA

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
© PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
© UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
© STEFAN POHL VALERO

PRIMERA EDICIÓN:
BOGOTÁ, D.C., DICIEMBRE DEL 2011
ISBN: 978-958-716-498-5
NÚMERO DE EJEMPLARES: 500
IMPRESO Y HECHO EN COLOMBIA
PRINTED AND MADE IN COLOMBIA

EDITORIAL PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
CARRERA 7ª N.º 37-25, OFICINA 13-01
TELÉFONO: 3208320 EXT. 4752
WWW.JAVERIANA.EDU.CO/EDITORIAL
EDITORIALPUJ@JAVERIANA.EDU.CO
BOGOTÁ, D. C.

EDITORIAL UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
CARRERA 7ª N.º 12B-41, OFICINA 501
TELÉFONO: 2970200, EXT. 7724
EDITORIAL.UROSARIO.EDU.CO
BOGOTÁ, D.C.

CORRECCIÓN DE ESTILO:
MARÍA DEL PILAR HERNÁNDEZ MORENO

DISEÑO DE COLECCIÓN:
TANGRAMA
TANGRAMAGRAFICA.COM

IMAGEN DE CUBIERTA:
“LICUEFACCIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DEL GAS
HIDRÓGENO: EXPERIMENTOS REALIZADOS
POR M. RAOULT PICTET, EN DICIEMBRE ÚLTIMO”.
LA ILUSTRACIÓN ESPAÑOLA Y AMERICANA, 1878,
22 (18)

DIAGRAMACIÓN:
MARÍA DEL PILAR PALACIO C.

IMPRESIÓN:
JAVEGRAF

POHL VALERO, STEFAN

ENERGÍA Y CULTURA: HISTORIA DE LA TERMODINÁMICA EN LA ESPAÑA DE LA SEGUNDA MITAD
DEL SIGLO XIX / STEFAN POHL VALERO. -- 1ª ED. -- BOGOTÁ: EDITORIAL PONTIFICIA UNIVERSIDAD
JAVERIANA, EDITORIAL UNIVERSIDAD DEL ROSARIO, 2011. -- (OPERA EXIMIA).

322 P.; 24 CM.

INCLUYE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (P. [261]-305) E ÍNDICES.

ISBN: 978-958-716-498-5

1. TERMODINÁMICA - HISTORIA - ESPAÑA - SIGLO XIX. 2. CIENCIA - HISTORIA - ESPAÑA
- SIGLO XIX. 3. RELIGIÓN Y CIENCIA - HISTORIA - ESPAÑA. 4. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA -
HISTORIA - ESPAÑA. 5. COMUNICACIÓN CIENTÍFICA - HISTORIA - ESPAÑA. 6. FILOSOFÍA DE
LA CIENCIA - HISTORIA - ESPAÑA. I. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

CDD 536.70946 ED. 21

CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN - PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. BIBLIOTECA ALFONSO
BORRERO CABAL, S.J.

ECH.
NOVIEMBRE 04 / 2011

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE MATERIAL, SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DE
LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

ÍNDICE

Agradecimientos	15
Introducción	17
Breve repaso histórico de la termodinámica	20
Historias alternativas de la termodinámica	26
¿Y si no hay héroes? En busca de nuevas perspectivas historiográficas	32
La comunicación de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX	40
1. La cruzada científica: la Iglesia católica española y el debate moral de las leyes de la termodinámica en la esfera pública	47
Introducción	47
La nueva historiografía de las relaciones ciencia-religión	50
Una esfera pública llena de ciencia	55
Contexto de la Iglesia católica española	58
Nuevas formas de control en una nueva esfera	60
La imagen científica de la Iglesia	65
El neotomismo	70
Los argumentos termodinámicos del debate católico	74
La lectura católica de la entropía	88
Conclusiones	93
2. La hegemonía del materialismo científico: conceptos científicos y contenidos morales en la divulgación de la física	97
Introducción	97
La divulgación científica y la hegemonía cultural	98
La física en la esfera pública	105
La hegemonía cultural sobre el materialismo	113

Métodos de control social	120
Los divulgadores científicos como líderes moralizadores	125
La divulgación “adecuada” de la termodinámica	127
La fascinación de la termodinámica	133
Conclusiones	138
3. La “dignidad” de la termodinámica: la legitimación académica de una nueva disciplina	143
Introducción	143
La debilidad institucional de la física teórica y aplicada	147
La “categoría” teórica de la termodinámica	159
Termodinámica y progreso industrial	165
La “dignidad” de la termodinámica	169
Conclusiones	177
4. La “energética” de la vida: una imagen alternativa de la termodinámica	181
Introducción	181
El universo como organismo vivo en constante evolución	188
Los argumentos astronómicos y termodinámicos de la evolución	191
La evolución termodinámica en su contexto	199
El programa pedagógico y social de la nueva ciencia de la energética	205
Conclusiones	215
5. La “termodinámica social”. El uso metafórico y alegórico de sus leyes	219
Introducción	219
Apropiación, cientifismo y lenguaje	221
Las “profecías” termodinámicas	225
La muerte térmica de la economía	226
La industria y el diluvio universal	233

Termodinámica y reformas sociales	237
Termodinámica y debates librecambistas	242
Termodinámica y desigualdades sociales	246
Conclusiones	250
Conclusiones: Las fronteras difusas de la historia cultural de la termodinámica	253
Bibliografía	261
Archivos y bibliotecas	261
Revistas	261
Referencias primarias	262
Referencias secundarias	280
Índice de temas	307
Índice de nombres	313

INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XX, era fácil encontrar algunos vestigios que las leyes de la termodinámica habían dejado en la cultura española. En 1903 el escritor José Martínez Ruiz, mejor conocido como Azorín, publicó una de sus principales novelas, *La Voluntad*. En ella el protagonista se pregunta, no sin pesimismo, sobre el significado de la vida:

¡Esta vida es una cosa absurda! ¿Cuál es la causa final de la vida? No lo sabemos: unos hombres vienen después de otros hombres sobre un pedazo de materia que se llama mundo. Luego el mundo se hace inhabitable y los hombres perecen; más tarde los átomos se combinan de otra manera y dan nacimiento a un mundo flamante. ¿Y así hasta lo infinito? Parece ser que no; un físico alemán –porque los alemanes son los que saben estas cosas– opina que la materia perderá al final su energía potencial y quedará inservible para nuevas transmutaciones. ¡Digno remate! ¡Espectáculo sorprendente! La materia gastada de tanta muchedumbre de mundos permanecerá –¿dónde?– como un inmenso montón de escombros... Y esta hipótesis –digna de ser axioma– que se llama la *entropía del universo*, al fin, es un consuelo; es promesa, un poco larga, ¡ay! del reposo del todo, de la muerte de todo¹.

En 1916 el estudiante de filosofía Adán Armiño presentó en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Madrid una tesis doctoral titulada *La energía. Ensayo histórico filosófico*. El tribunal, en el que se encontraba José Ortega y Gasset, le otorgó un premio extraordinario y años después el texto fue publicado por una editorial de Madrid. En su estudio Armiño aboga por una concepción energética del universo (en la que la energía es lo principal y la materia lo secundario), que permitiría abordar de forma novedosa y provechosa diversas ciencias como la psicología. Recurriendo a la tendencia de la energía a disiparse en los procesos naturales, Armiño caracterizó la idea de progreso material y social, tan apreciada por pensadores sociales del siglo XIX como Herbert Spencer, como una ley natural: “Como lógica consecuencia de esta última ley [de

1 Martínez Ruiz (1968 [1902]), p. 281.

la entropía], podríamos pensar que la diferenciación de las intensidades de las energías es la homogeneidad, así como la heterogeneidad es producida por una diferenciación, viniendo a explicarse de este modo la ley del progreso, que es el paso de lo homogéneo a lo heterogéneo”².

Varios años después, en 1936, el escritor Antonio Machado reflexionó sobre la defensa y la difusión de la cultura en España. Recurriendo al profesor apócrifo Juan de Mairena, Machado hizo el siguiente comentario:

Para nosotros, defender y difundir la cultura es una misma cosa: aumentar en el mundo el humano tesoro de conciencia vigilante. ¿Cómo? Despertando al dormido. Y mientras mayor sea el número de despiertos... Para mí –decía Juan de Mairena– sólo habría una razón atendible contra una gran difusión de la cultura –o tránsito de la cultura concentrada en un estrecho círculo de elegidos o privilegiados a otros ámbitos más extensos– si averiguásemos que el principio de Carnot, rige también para esa clase de energía espiritual que despierta al durmiente. En ese caso, habríamos de proceder con sumo tiento; porque una excesiva difusión de la cultura implicaría, a fin de cuentas, una degradación de la misma que la hiciese prácticamente inútil. Pero nada hay averiguado, a mi juicio, sobre este particular. Nada serio podríamos oponer a una tesis contraria que, de acuerdo con la más acusada apariencia, afirmase la constante reversibilidad de la energía espiritual que produce la cultura³.

Los tres autores aludieron explícitamente a una ley natural que el físico alemán Rudolf Clausius denominó, a mediados del siglo XIX, *entropía*; y sus palabras nos ayudan a intuir los profundos aspectos sociales y culturales que tuvieron las leyes de la termodinámica cuando empezaron a circular por la esfera pública española en la segunda mitad del siglo XIX. En efecto, la cita de Azorín recoge el intenso debate cosmológico y teológico iniciado a finales de la década de 1860 en torno a las leyes de la termodinámica. Por su parte, la analogía que de forma irónica hizo Machado entre energía y cultura reflejaba, no obstante su rechazo, la idea de que era posible aplicar las leyes de la termodinámica a cuestiones sociales y culturales. Esta “termodinámica social” que se evidenció en la tesis de Armiño se articuló de forma notoria a partir de la década de 1880.

El objetivo de este libro es analizar algunos de los múltiples significados y usos que tuvieron las leyes de la termodinámica en el contexto español de la segunda mitad del siglo XIX. El complejo significado de sus leyes fue utilizado por expertos y profanos como herramienta para muy diversos fines. La interpretación de sus leyes fue utilizada de hecho como un recurso legitimador de la física institucional, pero también influyó en diversas posiciones ideológicas, no

2 Armiño (1924), p. 106.

3 Machado (1936), p. 17.

sin controversia. Sus leyes sirvieron para cuestionar supuestos teológicos, como la creación del universo por parte de Dios, el libre albedrío o la posibilidad de los milagros, pero a la vez como un recurso de apología científica. Si determinados sectores de la sociedad acudieron a ellas para rebatir el poder de la Iglesia e instaurar nuevos valores seculares, otros lo hicieron para demostrar científicamente ciertos valores morales tradicionales y con ello ejercer un control social eficaz. Algunos de sus promotores restringieron la aplicación de sus leyes a cuestiones puramente materiales, mientras otros alegaron que eran fundamentales para el estudio del hombre y de la sociedad. Con sus leyes legitimaron posturas económicas y sociales y caracterizaron el funcionamiento de la sociedad como una máquina térmica que se regía por ellas.

Desde esta perspectiva, mi investigación se aproxima a la termodinámica, no tanto como un descubrimiento científico, sino como una serie de prácticas en un contexto local. El presente estudio elabora una descripción “densa” (en palabras de Clifford Geertz)⁴ que, por encima de una simple narración de actos o acciones, dota de significado social y cultural a unas determinadas prácticas, enmarcadas dentro de un proceso general de comunicación y de apropiación de la ciencia. Detrás de estos dos conceptos existe una amplia exploración historiográfica que será discutida en detalle más adelante. Por ahora presento el significado que les asigno.

Un libro divulgativo y dirigido a un público profano es un vehículo de comunicación científica. Un artículo especializado, o incluso un experimento en un laboratorio, también lo puede ser. Otros medios como panfletos, exhibiciones en museos, conferencias públicas, cursos universitarios, etc., igualmente sirven para comunicar conocimientos científicos. Dependiendo del medio y del público al que se dirige, algunas de estas formas de comunicación se han denominado *divulgación científica*, las demás son lo que generalmente llamamos ciencia, a secas. Para evitar esta demarcación polarizada entre diferentes formas de elaboración y transmisión del conocimiento y entre diferentes audiencias, el término general de comunicación de la ciencia parece ser lo suficientemente flexible y apropiado para el periodo estudiado. Durante la segunda mitad del siglo XIX se gestaba la profesionalización y especialización de la ciencia y es difícil establecer fronteras claras entre profesionales y *amateurs*, entre expertos y profanos o entre textos especializados y textos divulgativos.

La *apropiación* –como parte del proceso de comunicación– también hace referencia a un proceso que tiene en cuenta los actores, las instituciones y las formas de autoridad involucradas. Se cuestiona la idea de que el conocimiento científico es producido en un lugar geográfico específico y por unos

4 Geertz (1973).

determinados individuos y luego es recibido o rechazado de forma pasiva en otros lugares y por otros individuos. Al contrario, el concepto de apropiación implica que el conocimiento científico circula continuamente y que se utiliza y modifica de forma activa y creativa. En cada lugar los actores locales que forman parte de este proceso 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 a los intersticios de esta red.

Así pues, este libro es un estudio cultural de la física que analiza los procesos de comunicación y apropiación de la termodinámica en la España de la segunda mitad del siglo XIX. Es un esfuerzo por situar a la física en un contexto cultural más amplio y rastrear sus múltiples interacciones. ¿Cómo un determinado contexto social y cultural, aunado a los objetivos particulares de unos individuos, configuraron este proceso de comunicación científica; y cómo, a su vez, la circulación de este conocimiento ayudó a moldear algunas de las características sociales y culturales de la sociedad? La respuesta a estas preguntas pretende contribuir a una comprensión más profunda del papel socio-cultural de la ciencia y a entenderla como parte intrínseca de la propia cultura moderna⁵.

BREVE REPASO HISTÓRICO DE LA TERMODINÁMICA

A finales de la década de 1860 la nueva ciencia del calor empezó a ser divulgada en España. Como sus propios voceros lo explicaron, la física logró un gran avance unificador en la medida en que los diferentes fenómenos de la naturaleza se empezaron a entender como el resultado de un único fenómeno mecánico. Así, el calor, la luz o la electricidad ya no eran interpretados como agentes diferentes de la naturaleza –y que anteriormente se consideraron como fluidos imponderables independientes–, sino como diferentes formas de movimiento. La teoría mecánica del calor, que explicaba su naturaleza en términos de materia y movimiento, así como la comprobación experimental de que el calor se transforma en trabajo en los procesos térmicos, permitieron esta nueva concepción de los fenómenos naturales, que entonces se interpretaron como diferentes manifestaciones de una misma energía fundamental. A los ojos de sus divulgadores, la conservación y la transformación de las fuerzas naturales y la tendencia de esta energía universal a disiparse en los procesos naturales fueron las leyes que mejor representaron el increíble avance de la física del siglo XIX.

La historia de la termodinámica se ha contado muchas veces. Como toda nueva disciplina, sus practicantes forjaron una mitología histórica que buscó

5 En Dear (1995) y Pohl-Valero (2011) se encuentra una reflexión historiográfica sobre la historia cultural de la ciencia. Para una visión general sobre la historia cultural, véanse Hunt (ed.) (1989) y Burke (2005) y (2006).

generar la imagen de unos héroes fundadores que aportaron la autoridad necesaria de la cual derivar la promoción y legitimación del nuevo campo científico⁶. Y fue una historia que se empezó a contar desde muy temprano, desde los mismos inicios en que se articuló la nueva ciencia del calor⁷, es decir, en la década de 1850 y por lo general conjugaron el relato histórico de los precursores y descubridores de las nuevas leyes con detalladas explicaciones y múltiples aplicaciones. Como lo señaló Crosbie Smith, a partir del artículo de William Thomson, *On the Dynamical Theory of Heat* (1851), se construyó una versión oficial y casi mítica de la historia de la termodinámica, que recurrió a una narración de progreso en la que poco a poco unos determinados científicos descubrieron los secretos térmicos de la naturaleza. Esta versión fue norma general hasta bien entrado el siglo XX⁸.

Uno de estos científicos, y con el que generalmente se suelen iniciar las narraciones históricas de la termodinámica, fue el ingeniero francés Sadi Carnot (1796-1832). En su *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824), Carnot analizó el funcionamiento de las máquinas térmicas y buscó de forma teórica la manera de optimizar su eficiencia. En su texto postuló lo que posteriormente se llamó la segunda ley de la termodinámica. Carnot señaló que sólo se podría generar trabajo en una máquina térmica en la medida en que existiera un flujo de calor que pasara de una temperatura elevada a una inferior. En términos generales, admitió que el calor es un fluido imponderable (calórico) que se conserva en la producción de trabajo mecánico y dijo que éste sólo se produce si existe una diferencia de temperaturas⁹. Aunque posteriormente su texto fue considerado de gran importancia, en su momento no logró un gran impacto entre sus contemporáneos. Unos años después, en 1834, las ideas de Carnot fueron reelaboradas y expresadas en lenguaje matemático por Émile Clapeyron (1799-1864), pero su tesis tampoco tuvo acogida¹⁰.

En los primeros años de 1840 los hermanos e ingenieros escoceses William (1824-1907) y James Thomson (1822-1892) rescataron del ostracismo las ideas de Carnot porque en ese momento les interesaba determinar las condiciones óptimas de funcionamiento de las máquinas térmicas. A partir de la teoría de Carnot y de su analogía entre una máquina térmica y un molino de agua, William Thomson

6 Sobre la emergencia de nuevas disciplina científicas, véase Nye (1993), cap. 1.

7 Algunas de estas historias son las siguientes: Thomson (1853 [1851]); Verdet (1863); Tyndall (1863); Secchi (1864); Echeagaray (1873 [1867]); Tait (1868); Maxwell (1871); Mach (1872); Stewart (1874) y Rojas (1876).

8 Smith (1998), p. 8.

9 Harman (1990), pp. 64-67. Robert Fox, estudiando los apuntes de Carnot, ha encontrado que antes de su muerte, este ingeniero estaba modificando su teoría, cuestionando la idea de que el calórico se conservaba. Bajo esta nueva perspectiva, Carnot empezó a pensar en que el calor se transformaba en trabajo y viceversa. Fox (1986).

10 Papanelopoulou (2004), p. 2.

encontró a su vez la solución para elaborar una escala de temperaturas absoluta¹¹. Aunque las ideas de Carnot demostraron ser muy útiles, a lo largo de 1840 se empezó a cuestionar la idea de que el calor es un fluido imponderable que se conserva en los ciclos de operación de las máquinas térmicas.

La idea de que el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo fueran considerados como entes materiales, pero cada uno con características particulares, resultó ser muy conveniente para el modelo de física propuesto a finales del siglo XVIII por hombres como Pierre-Simon de Laplace (1749-1827), Siméon Denis Poisson (1871-1840) y Jean-Baptiste Biot (1774-1862). La denominada por el historiador Robert Fox “física Laplaciana” buscó dar cuenta de todos los fenómenos en la escala terrestre y particularmente en la molecular, en términos de fuerzas centrales entre partículas, ya fueran atractivas o repulsivas. Estas fuerzas eran tratadas de forma análoga a las fuerzas newtonianas de gravitación¹². Desde esta aproximación, los denominados fluidos imponderables tomaron una nueva dimensión, en el sentido de que pasaron de ser una teoría vaga y cualitativa a una matematizable y cuantitativa. El modelo estándar de finales del siglo XVIII, como lo ha denominado John Heilbron, contaba con seis fluidos ajenos a la acción de la gravedad, además de la materia ordinaria, dentro de los que se encontraban el calor y la luz¹³.

Los fluidos imponderables representaron en este sentido una hipótesis muy útil en la búsqueda de una explicación mecánica y unificada de los fenómenos físicos. Pero en las historias tradicionales de la termodinámica la idea del calor como un fluido fue presentada como uno de los mayores obstáculos en el avance de la física y en la emergencia de la termodinámica¹⁴. En estas narrativas, sólo en la década de 1840, tras descubrirse la verdadera naturaleza mecánica del calor, la física lograría uno de sus mayores avances. En esa década, aunque bajo supuestos diferentes, James Prescott Joule (1818-1889), William Robert Grove (1811-1896) y Julius Robert Mayer (1814-1878), entre otros, expusieron y demostraron experimentalmente la tesis de que el calor y el trabajo son interconvertibles¹⁵. A partir de esta correlación entre trabajo y calor, si este último era visto como un tipo de movimiento, cuando el trabajo mecánico desaparecía y aparecía

11 Smith (1998), pp. 51-52.

12 Fox (1990), p. 279.

13 Heilbron (1993), pp. 5-7.

14 La historia de la conservación de la energía escrita en 1872 del físico y filósofo austriaco Ernst Mach fue una excepción. Desde una perspectiva que cuestionaba la visión mecánica del mundo, como base real y única de la física, Mach presentó la teoría mecánica del calor y la material como históricamente paralelas. Mach dudaba de que la termodinámica surgiera a partir de la concepción del calor como un tipo de movimiento y defendía la idea de que la concepción material del calor no era un obstáculo en el desarrollo de la ley de la conservación de la energía. Mach (1872). Véase también Mach (1986 [1896]), capítulos XIII y XVIII.

15 Al respecto, véanse respectivamente Cardwell (1989); Morus (1991) y Caneva (1993).

el calor, se podía interpretar que la fuerza viva externa (trabajo) se transformaba en fuerza viva interna del cuerpo (calor) y conservaba su cantidad. Aunque algunos de los científicos que calcularon el equivalente mecánico del calor en los años cuarenta del siglo XIX –y que postularon de una u otra forma un concepto de conversión y conservación– no aceptaron la teoría mecánica del calor (por ejemplo Mayer)¹⁶, en cambio, la teoría del calor como un modo de movimiento, ofreció un fundamento explicativo en términos mecánicos de la conversión y conservación de las capacidades naturales¹⁷.

A finales de la década de 1840, el físico y fisiólogo alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894) introdujo una formulación matemática del principio de conservación. En su *Über die Erhaltung der Kraft* (1847), Helmholtz analizó las fuerzas en sistemas mecánicos y demostró que en un sistema cerrado las fuerzas se transforman unas en otras y no se aniquilan. Su formulación del principio de conservación de la fuerza se basó en la imposibilidad del movimiento perpetuo y en el modelo newtoniano de fuerzas centrales¹⁸. Este texto fue posteriormente presentado como la primera formulación general de la conservación de la energía.

Durante las décadas de 1850 y 1860, y especialmente debido a un grupo de científicos e ingenieros escoceses, (William Thomson, Peter Guthrie Tait (1831-1901), Macquorn Rankine (1820-1872), James Clerk Maxwell (1831-1879) y Fleeming Jenkin (1833-1885)), el término de *energía* al que se le debería aplicar la idea de conversión y conservación fue ampliamente aceptado¹⁹. De esta forma el calor, el trabajo, la electricidad, el magnetismo y la luz se volvían, simplemente, manifestaciones diferentes de un mismo concepto: energía. En el universo ésta permanecía constante y lo que se transformaba eran sus manifestaciones. Así, el enunciado de la conservación de la energía cumplió una función unificadora en los fenómenos físicos de manera fundamental: la idea de unidad tomó consistencia científica bajo los conceptos de convertibilidad y conservación; y el concepto de energía se convirtió en el sustrato de donde surgía la unidad. A partir de la consolidación de la *ciencia de la energía* –que como ha mostrado Crosbie Smith, fue un producto del mencionado grupo de científicos escoceses– se introdujo un profundo cambio conceptual que produjo una concepción física totalmente nueva. En palabras de Smith:

16 Mayer no pretendió reducir el calor a movimiento. Para él, el calor y el trabajo mecánico estaban causalmente conectados por medio de una medida cuantitativa de su equivalencia. Pero a pesar de que los dos eran interpretados como fuerzas, Mayer no los asumía como idénticos en esencia. Sobre la concepción de Mayer sobre fuerza y calor, véanse Harman (1976) y Caneva (1993).

17 Harman (1990), pp. 53-59.

18 Bevilacqua (1993), pp. 2-3.

19 Smith (1998), p. 1.

Aunque fundamentalmente mecánico en su naturaleza, el universo dejó de ser entendido tanto en términos de fuerzas ejerciendo su acción a distancia, como en términos de partículas discretas moviéndose a través de un espacio vacío. El universo se consideró entonces como un continuo de materia poseída de energía cinética. Gobernado por unas leyes básicas de materia y energía establecidas por Dios, aquel cosmos contrastaba con el universo determinista del astrónomo francés Pierre-Simon Laplace (1749-1827) y del físico y médico alemán Hermann Helmholtz (1821-94), en la medida en que le aseguraba un papel al libre albedrío al dirigir la energía durante su transformación de estados de intensidad a estados de difusión²⁰.

La teoría mecánica del calor fue presentada por este grupo de científicos británicos como el fundamento esencial para la emergencia de la nueva ciencia de la energía. Como dijo Thomson, ante la *British Association for the Advancement of Science* (BAAS) en 1854, el descubrimiento de Joule de la conversión del calor en trabajo y el cálculo de su equivalente “habían conducido a la mayor reforma que la ciencia física había sufrido desde los días de Newton”²¹. En 1859 Rankine consolidó la palabra termodinámica y más especialmente la terminología de la *primera y segunda ley de la termodinámica*. Esto lo hizo en su libro *Manual of the Steam Engine and Other Prime Movers* (1859), que posteriormente Maxwell calificó como el primer tratado escrito sobre la materia²².

No obstante, en la década de 1840 Thomson tuvo muchos problemas para aceptar los experimentos de Joule sobre el equivalente mecánico del calor, porque estaba convencido de que éste se conservaba en la generación de trabajo mecánico en las máquinas térmicas. En ese momento Thomson estaba familiarizado con el texto de Carnot que postulaba que el calor era un fluido que se conservaba y le costaba trabajo aceptar la propuesta de Joule de que el calor se transformaba en trabajo²³. Thomson se enfrentó al problema de unificar estos dos conceptos de tal forma que produjeran una imagen consistente de la naturaleza.

En su memoria *Über die bewegende Kraft der Wärme* (1850), el físico alemán Rudolf Clausius (1822-1888) aportó la solución: destacó que lo esencial en el principio de Carnot era la necesidad que tenía el calor de pasar de una temperatura mayor a una menor en la producción de trabajo en un proceso cíclico y no que éste se conservara. Su observación permitió enunciar los dos principios que posteriormente Rankine llamó las dos leyes de la termodinámica: 1) El calor se transforma en trabajo, es decir, que las pérdidas aparentes de energía mecánica en los procesos mecánicos eran en realidad una transformación

20 Smith (1998), p. 2. [La traducción es mía].

21 Citado en Harman (1990), p. 77.

22 Al respecto, véase Smith (1998), capítulo 8.

23 Smith y Wise (1989), pp. 294, 296, 310-311.

de parte de esta energía mecánica en energía calorífica. 2) En la generación de trabajo, en un proceso cíclico, una parte del calor que cae de una temperatura mayor a una inferior se convierte en trabajo y el resto desciende a la temperatura menor. Es decir, existe una tendencia a que el calor pase de un cuerpo más caliente a uno más frío. En 1865 Clausius denominó *entropía* a esta propensión direccional, caracterizada como el cociente entre el calor producido en el proceso y la temperatura absoluta con la que ocurre la transformación.

En la segunda mitad del siglo XIX, la física estuvo dominada por una conceptualización mecánica del calor y, de forma general, de la energía, con el trabajo como su medida esencial. Sin embargo, la energía no asumió un significado inequívoco. Esto se vio reflejado en las numerosas historias que se escribieron sobre la conservación de la energía antes de que terminara el siglo y que dieron lugar a múltiples controversias sobre la prioridad y sobre el significado científico y filosófico de las diferentes formulaciones sobre el tema²⁴. Por ejemplo, hacia el final del siglo tomó fuerza una perspectiva diferente que destacó la independencia entre energía y mecánica. Esta corriente, que fue presentada como esencialmente alemana, trató de desplazar el fundamento mecánico en el que se sustentó la física. Ernst Mach (1838-1916) planteó, por ejemplo, que se tomara el principio de la conservación de la energía como una formulación que describe un amplio rango de hechos de forma concisa, directa y económica, pero que no requiere en absoluto de hipótesis mecánicas y que concibe la ciencia de la energía como un sistema de relaciones²⁵. Por otro lado, los químicos alemanes Georg Helm (1851-1923) y Wilhelm Ostwald (1853-1932), propusieron derivar las ecuaciones de movimiento a partir de la ley de la conservación de la energía otorgándole a este concepto la base fundacional de la mecánica. Estos “energeticistas” rechazaron la teoría atomista así como otros supuestos de la materia a favor de un universo de energía²⁶. A partir de su energética Ostwald intentó desarrollar una filosofía de la naturaleza y de la cultura. Su sistema metafísico fue una generalización de las leyes de la energía que pretendieron suministrar las bases de una teoría y práctica moral, de la acción política y de la felicidad²⁷.

A principios del siglo XX, independientemente de las diversas conceptualizaciones de la energía, este término significó para sus historiadores el gran descubrimiento del siglo XIX y el verdadero elemento unificador de la física. Uno de ellos, Theodore Merz, afirmó en su *A History of European Thought in the Nineteenth Century* que:

24 Bevilacqua (1993), p. 291.

25 Deltete (1995), p. 137.

26 Smith (2003), p. 309.

27 Hakfoort (1992).

Un término más general debía ser encontrado bajo el cual los diferentes términos podían ser comprendidos, lo que daría una aún mayor generalización, una más completa unificación del conocimiento. Una de los principales resultados de la segunda mitad del siglo XIX ha sido encontrar ese término más general...el más grande de todas las generalizaciones exactas –la concepción de energía²⁸.

HISTORIAS ALTERNATIVAS DE LA TERMODINÁMICA

Las palabras de Merz reflejan la idea de que en algún momento del siglo XIX se descubrió un concepto con el que se pudo concretar la búsqueda de unidad en la física: la energía se interpretó como el máximo progreso alcanzado por la física decimonónica. La reconstrucción histórica de este suceso ha sido muy controvertida desde su mismo inicio y las aproximaciones historiográficas han variado enormemente. Las narrativas históricas de la termodinámica, prestándole atención ya fuera al contenido o al contexto de la formulación de sus leyes, se han centrado por lo general en la aparición de la nueva ciencia, pero no en sus implicaciones sociales y culturales.

Una de estas primeras narrativas históricas que aportó una aproximación “externalista” a la emergencia de la termodinámica fue el artículo de Thomas Kuhn, de 1959, “Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery”²⁹. A pesar del debate que generó la selección realizada por Kuhn de “doce descubridores” del principio de la conservación de la energía, su texto contribuyó con un acercamiento que no se centró en defender la prioridad del “descubrimiento” entre unos determinados actores, sino que trató de situar este proceso en un contexto específico. Para él, el hecho de que en un periodo corto de tiempo un número considerable de hombres de ciencia en Europa se acercara de forma esencial al concepto de energía y al de su conservación, tenía que ser entendido como un proceso en el que la clave estaba en el contexto social e intelectual en el que surgía este concepto. Según Kuhn, la lista de descubridores la conformaron doce personas. Cuatro de ellas, James Joule, Hermann von Helmholtz, Robert Julius Mayer y L. A. Colding (1815-1888) combinaron la generalidad en la formulación del concepto con aplicaciones concretas y cuantitativas. Esto ocurrió entre 1842 y 1847. Otros cuatro, Sadi Carnot, antes de 1832, Marc Seguin (1786-1875) en 1839, Karl Holtzmann en 1845 y Gustav Adolf Hirn (1815-1890) en 1854, calcularon un valor para el coeficiente de conversión entre calor y trabajo. Aunque estos últimos cuatro científicos no formularon el concepto de energía de forma general, tenían la firme convicción de que el trabajo y el calor

28 Merz (1903), vol. 2, p. 96. [La traducción es mía].

29 Kuhn (1982).

eran cuantitativamente intercambiables. El tercer grupo, entre 1837 y 1844, conformado por William Robert Grove (1811-1896), Karl Friedrich Mohr (1806-1879), Michael Faraday (1791-1867) y Justus Liebig (1803-1873), no hizo una demostración cuantitativa pero todos “describieron el mundo de fenómenos como manifestación de una sola “fuerza”, que aparecía en formas eléctricas, térmicas, dinámicas y muchas otras, pero que en todas sus transformaciones nunca podía ser creada ni destruida”³⁰.

Kuhn afirma que existieron unos elementos esenciales en el clima científico europeo de ese periodo (entre 1830 y 1850) que permitieron una nueva visión de la naturaleza con la que se pudo enunciar el principio de conservación de la energía. En este sentido, habla de tres “factores detonantes” que condujeron a que esos elementos se volvieran accesibles: disponibilidad de procesos de conversión, interés por las máquinas térmicas y la filosofía de la naturaleza o *Naturphilosophie*. El primero se refirió a los diversos experimentos realizados después de 1800 en los que se mostraba una posible conversión de un fenómeno físico en otro, por ejemplo se descubrió que a partir de una reacción química (pila de Volta) se podía obtener corriente eléctrica o que ésta producía calor o luz o que la corriente eléctrica tenía efectos magnéticos. El segundo factor describió el creciente interés por las máquinas hidráulicas y térmicas que se generó en el siglo XVIII y que prosiguió en el XIX en el contexto de la revolución industrial, cuando se desarrolló el concepto de “trabajo” que se usó para medir el rendimiento de las máquinas. De acuerdo con Kuhn, este concepto fue fundamental para la determinación de la conservación de la energía. El último factor identificado por Kuhn fue el movimiento filosófico alemán de finales del siglo XVIII, denominado *Naturphilosophie*, que percibió la naturaleza como un organismo y que buscaba un principio unificador que diera cuenta de todos los fenómenos naturales. En este sentido, la *Naturphilosophie* fue un “adecuado antecedente filosófico para el descubrimiento de la conservación de la energía”³¹.

El artículo de Kuhn fue el punto de partida para numerosas investigaciones que buscaron esclarecer el papel de los factores y de los protagonistas aludidos en su artículo en el establecimiento y conceptualización de la ley de la conservación de la energía³². Uno de los aspectos que se reveló en esta serie de investigaciones fue la muy divergente naturaleza de la conceptualización de ese algo llamado energía que hicieron algunos de los personajes de la lista de Kuhn. Así, se desarrollaron teorías que tomaron forma desde perspectivas culturales muy diferentes y que comprendieron desde la tradición en ingeniería de

30 Kuhn (1982), pp. 92-93.

31 Kuhn (1982), p. 123.

32 Al respecto véanse entre otros: Bevilacqua (1993); Brush (1970); Caneva (1993); Caneva (1997); Cardwell (1967); Cardwell (1971); Harman (1974), Harman (1976), Silliman (1974); Wise (1979).

Manchester hasta la metafísica alemana³³. En otras palabras, el concepto de energía y la redefinición que acarreó en el campo de la física, demostraron ser procesos que se produjeron en contextos locales y con significaciones e implicaciones históricas y sociales particulares.

En la década de 1960 empezaron a surgir otras aproximaciones históricas a la termodinámica. Dos décadas después de que apareciera el famoso libro de Richard Hofstadter, *Social darwinism in American thought* (1944), en el que se exploraron las implicaciones sociales del darwinismo, algo parecido ocurrió con la termodinámica. Uno de sus historiadores, Erwin Hiebert, publicó en 1966 un artículo donde se propuso un acercamiento alternativo al estudio histórico de la termodinámica. En su “Uses and Abuses of Thermodynamics in Religion”, se preguntó por los usos dados a conceptos físicos del siglo XIX para responder cuestiones religiosas, y en particular, rastreó la influencia de la termodinámica en el pensamiento religioso³⁴. Un año después, en el libro editado por F. J. Crosson y titulado *Science and Contemporary Society*, afirmó que las leyes de la termodinámica incitaron a varios pensadores a especular sobre la fisiología, el vitalismo biológico y la vida en general, y llamó la atención sobre su influencia en el pensamiento político, intelectual y religioso de la época³⁵.

No obstante, este tipo de estudios no recibió el mismo grado de atención que se generó en torno al darwinismo social³⁶. Si el darwinismo fue interpretado como una fuerza social que, en principio, respaldó unos valores individuales y competitivos propios del capitalismo³⁷ y su influencia social se empezó a estudiar en diferentes contextos locales y grupos sociales, los estudios sociales y culturales de la termodinámica apenas ocuparon a los historiadores. En 1978 el historiador de la física Stephen Brush publicó un “extraño”³⁸ libro titulado *The temperature of History. Phases of Science and Culture in the Nineteenth Century* en el que trató de establecer conexiones generales entre la física y la cultura³⁹.

Brush dijo que los conceptos fundamentales de la teoría del calor fueron *leitmotiv* de los movimientos culturales del siglo XIX –romanticismo, realismo y neorromanticismo– y que los puntos de vista filosóficos de estos movimientos se vieron reflejados en la actitud de los científicos con respecto a la naturaleza del calor y a las leyes de la termodinámica. Aunque el libro fue criticado por una excesiva simplificación y periodización de la cultura general de la época y por

33 Smith (1990), p. 336.

34 Hiebert (1966).

35 Hiebert (1967).

36 Sobre el auge del darwinismo social como campo de estudio académico, véase Bowler (1993), cap. 4.

37 Tanto el darwinismo como la termodinámica han sido utilizados para legitimar diferentes posturas ideológicas.

38 Así lo calificaba Roy Porter en la reseña que hiciera del libro en la revista *Isis*. Porter (1981), p. 520.

39 Brush (1978).

incluir de forma ingenua a determinados científicos dentro de esta clasificación cultural,⁴⁰ incluyó, sin embargo, algunas ideas sugerentes. Brush aseguró que la física pasó por periodos de romanticismo y realismo, y que esto fue posible porque en el siglo XIX esta ciencia se encontraba en un proceso incipiente de especialización y profesionalización, con lo que más que científicos, existían filósofos naturales interesados en muy diversas áreas del saber. Igualmente, afirmó que la física de la época no era tan esotérica y que sus conceptos tenían un alto grado de visibilidad por medio de publicaciones culturales periódicas, charlas y conferencias públicas y libros populares. Esto permitió que mucha gente opinara sobre la física y que ella se convirtiera en una poderosa fuerza cultural, generadora de ideas y críticas sociales que un lector culto podía asimilar y discutir⁴¹.

Precisamente en un libro que examinó los aspectos culturales y sociales de la “ciencia Victoriana”, en el que el foco de atención no era el darwinismo, apareció un excelente artículo que exploraba la divulgación de la termodinámica y la forma como sus diferentes audiencias apropiaron sus leyes. En *Energy & Entropy. Science and Culture in Victorian Britain* (1989), el lingüista Greg Myers escribió un ensayo titulado “19th Century Popularization of Thermodynamics and the Rhetoric of Social Prophecy”, en el que demostró cómo el lenguaje de la crítica social y moral influyó en la retórica de los divulgadores de la física victoriana y cómo el lenguaje de los físicos fue utilizado para hacer crítica social y moral⁴². Myers aseveró que el uso social e ideológico de la termodinámica no debería interpretarse como un abuso de la autoridad científica, sino como un proceso inseparable de un entramado cultural en el que las audiencias y los científicos interactuaban mutuamente. Un aspecto clave en su estudio fue el uso de metáforas y analogías entre los órdenes natural y social.

La aproximación de Myers, enfocada en las formas textuales de los productos científicos, recibió un extenso estudio en un libro de 2001 escrito por el también lingüista Bruce Clarke. En la obra *Energy Forms. Allegory and Science in the era of classical thermodynamics*, recurriendo a herramientas de la crítica literaria, el autor subraya la idea de que los aspectos físicos y alegóricos de la nueva ciencia de la energía del siglo XIX tuvieron repercusiones importantes en variados campos de la cultura, como la filosofía, la política, la literatura y el arte⁴³.

En el campo del arte estas ideas fueron estudiadas por el filósofo e historiador de la ciencia francés Michel Serres. Su libro, *Hermes: Literature, Science, Philosophy* (1982), dedica el capítulo “Turner Translates Carnot” a explorar

40 Porter (1981).

41 Brush (1978), cap. 2.

42 Myers (1989). Frank M. Turner se ocupó de explorar las características retóricas presentes en la divulgación de la física victoriana entre 1880 y 1919. Turner (1980).

43 Clarke (2001), introducción.

las conexiones entre el concepto de energía y algunos estilos artísticos y a interpretar algunas obras del pintor británico William Turner como alegorías visuales del surgimiento de los principios de la termodinámica y de la sociedad industrial británica⁴⁴.

Por su parte, el historiador cultural Anson Rabinbach analizó en su libro de 1990, *The Human Motor: Energy, Fatigue, and the Origins of Modernity*, los cambios de actitud con respecto a la mano de obra y al cuerpo humano a finales del siglo XIX y dijo que la aparición de la termodinámica permitió que el cuerpo humano fuera considerado como un motor térmico. Además, exploró las consecuencias sociales y políticas de esta nueva concepción del cuerpo⁴⁵. Igualmente, el historiador de la economía Philip Mirowski observó las influencias de la termodinámica en la consolidación de la escuela económica neoclásica en su *More Heat than Light: Economics as Social Physics: Physics as Nature's Economics* de 1989⁴⁶.

Los trabajos de estos lingüistas, filósofos, historiadores culturales e historiadores de la economía centraron su atención en algunas de las influencias sociales y culturales de la termodinámica en las sociedades modernas. En la historia de la ciencia, desde el artículo de Kuhn, la atención se ha centrado prioritariamente en los aspectos culturales que permitieron o dieron origen a la nueva ciencia de la energía. Una de las más extensas disertaciones fue el libro de Crosbie Smith *The Science of Energy. A cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*, de 1998, que explora las características económicas y culturales de un grupo de científicos del norte de Gran Bretaña (Thomson, Maxwell, Rankine, Tait, etc.) que construyeron la ciencia de la energía. Smith, en particular, alude a una profunda cultura industrial, valores religiosos, posiciones ideológicas y la elaboración y existencia de redes sociales e institucionales en el proceso de construcción de la nueva ciencia⁴⁷.

Para Smith el grupo de científicos de la energía logró una redefinición del mapa disciplinario de la física y hasta de las ciencias de la vida. También consideró que la nueva ciencia de la energía debía ser vista como una construcción social en la que el papel de las audiencias y de las redes sociales e institucionales es de suma importancia para obtener credibilidad. El proceso de construcción de la ciencia de la energía, según Smith, se inició cuando a principios de 1850 Thomson y Rankine reemplazaron el viejo lenguaje mecánico con términos como “energía actual” y “energía potencial”. Pero fue sólo a finales de la década de 1860 y durante la década de 1870 que esta terminología se difundió entre amplias audiencias, locales e internacionales, y, más importante aún, se dio a conocer una

44 Serres (1982).

45 Rabinbach (1990).

46 Mirowski (1989).

47 Smith (1998), p. ix.

concepción energética de los fenómenos naturales. En el contexto local, la construcción y diseminación de la ciencia de la energía se produjo especialmente en las universidades escocesas, en los trabajos de ingeniería naval y en las sociedades científicas. En el ámbito internacional, Smith le prestó especial atención a la British Association for the Advancement of Science (BAAS)⁴⁸.

Así pues, los científicos británicos que construyeron la ciencia de la energía caracterizaron el progreso de la física alrededor del concepto de la energía, que se volvió incuestionable. Pero esto requirió mucho más que un descubrimiento: implicó todo un proceso en el que sus propuestas fueron aceptadas, tanto dentro como fuera de la comunidad científica, que contempló diversas estrategias y que se gestó en un contexto y lugar determinados. Una de las conclusiones de Smith es que la doctrina de la energía tuvo un significado preciso que se originó en la cultura industrial británica. La forma como sus protagonistas interpretaron y expusieron las dos leyes de la termodinámica se vieron moldeadas además por sus valores presbiterianos. La conservación y la disipación de la energía constituyeron fieles representantes de una visión de la naturaleza acorde con sus doctrinas cristianas. Por un lado, el hecho de que el hombre pudiera utilizar la energía para su propio provecho aseguraba su libre albedrío, pero, por el otro, que parte de esta energía se disipara sin que el hombre la pudiera volver a aprovechar, respondía a la visión calvinista de la criatura caída, del hombre imperfecto. Si la energía no podía ser ni creada ni destruida y en cambio se disipaba, era señal de que el universo fue creado por un Dios supremo y que su devenir material tenía un carácter transitorio, acotado temporalmente⁴⁹.

Toda esta serie de estudios –que por lo general se ha centrado en el contexto británico– demuestra que la energía o la entropía no son conceptos monolíticos y universales sino que sus significados sufrieron múltiples transformaciones y fueron utilizados para diversos fines. Dentro del círculo de Thomson y Maxwell, por ejemplo, las leyes de la energía sirvieron para respaldar una visión cristiana del cosmos; la ciencia de la energía se convirtió en una confirmación física de verdades morales. Pero también, en las manos de pensadores sociales como Balfour Stewart (1828-1887) o Thomas Henry Huxley (1825-1895), la idea de la disipación de la energía sirvió para caracterizar –y criticar– una sociedad comunista destinada a la muerte térmica, y el concepto de conservación para defender una sociedad capitalista⁵⁰. No obstante, el uso de los conceptos termodinámicos a la hora de pensar en el funcionamiento de la sociedad no respondió a una única posición política. Al igual que como ocurrió con el darwinismo, tanto pensadores de derecha como de izquierda se apropiaron de las leyes de la

48 Smith (1998), cap. 1.

49 Smith (1998), cap. 6.

50 Myers (1989).

termodinámica para legitimar de forma científica sus posturas políticas e ideológicas⁵¹. El hecho es que estas leyes, sus cambiantes significados físicos y sociales, tuvieron una amplia circulación en la esfera pública europea, influyendo en y siendo influenciados por diferentes aspectos culturales y sociales.

Siguiendo algunas ideas de Bruno Latour es interesante pensar en los conceptos termodinámicos como actores históricos, asumirlos como cualquier otro actor de la historia y no como una esencia, verlos como “una red provisional que según los casos puede modificar local o permanentemente la definición de todos los actores que la componen”⁵². Con este enfoque se busca superar una aproximación asimétrica al estudio de la ciencia en donde lo verdadero y lo falso, los expertos y los profanos, el centro y la periferia, lo natural y lo cultural son asumidos como categorías monolíticas, claramente acotadas y ahistóricas⁵³. Desde esta perspectiva se abren las puertas a aproximaciones simétricas de la ciencia que intenten rastrear los pasos de los conceptos científicos cuando empiezan a circular y a atravesar fronteras disciplinares, epistemológicas y socio-naturales, y a adaptarse a diferentes contextos y audiencias. La historia de la termodinámica deja entonces de relacionarse exclusivamente con su emergencia y se convierte en una narración que se puede contar desde lugares donde no se “descubrieron” sus leyes, pero donde sufrieron diversas reelaboraciones sociales y culturales.

¿Y SI NO HAY HÉROES? EN BUSCA DE NUEVAS PERSPECTIVAS HISTORIOGRÁFICAS

La perspectiva arriba mencionada nos permite hacer una historia novedosa de la física en lugares donde no han existido héroes internacionales, la denominada periferia científica. Una pregunta que suele surgir al hablar de la historia de la física en la España de la segunda mitad del siglo XIX es quiénes fueron los físicos locales importantes y destacados en aquella época. Esta duda revela una vieja tradición historiográfica en la que la ciencia es presentada como un proceso continuo de acumulación de conocimiento y como el producto individual de grandes figuras. En estas narraciones se describe la acumulación de hechos científicos y de supuestos teóricos que inevitablemente condujeron a una mejor comprensión del universo⁵⁴.

51 Al respecto, véanse por ejemplo Bayertz (1983) y Girón Sierra (2005).

52 Latour (1991), p. 500; Smith (2003), p. 290.

53 Sobre el concepto de simetría en los estudios de ciencia, ver Bloor (1991); Latour (1993); Latour (2001).

54 Morus (2005), pp. 4-5.

Dentro de esta tradición positivista se han escrito grandes historias intelectuales que han ofrecido una amplia imagen del desarrollo científico. Sin embargo, la historia de la ciencia, abordada como la historia teleológica de un progreso incuestionable, tiene varios inconvenientes. Más allá de generalizaciones simplistas, que los estudios históricos minuciosos han puesto en evidencia y del análisis filosófico e histórico que ha revaluado el significado del conocimiento y del método científico, en contextos como el español, se generan preguntas evidentes: ¿Qué clase de historia de la ciencia se puede escribir en lugares donde en determinadas épocas y en determinadas áreas del conocimiento no existieron aquellas grandes figuras que forjaron el desarrollo de la ciencia occidental?

En la historiografía española ha existido una aproximación que, grosso modo, podría denominarse *el modelo de la recepción en la periferia*. En términos generales, este modelo se podría caracterizar por la búsqueda de científicos locales que primero conocieron y entendieron alguna teoría científica proveniente de un centro generador. El patrón con el que se mide la “calidad de la recepción” parece ser muchas veces una visión anacrónica de lo que se entiende por esa teoría. Es decir, en el modelo de recepción, generalmente se define a posteriori en qué consiste la teoría y después se busca en el pasado quiénes fueron los que más se acercaron a esa definición. Las teorías científicas son tratadas como unos bienes materiales perfectamente delimitados y empaquetados, que sólo esperan ser abiertos y utilizados por unos científicos periféricos pasivos. Existe una tendencia a buscar el grado de atraso o progreso en el que se encontraba una determinada comunidad científica o unos individuos a partir del lapso necesario para la recepción de una nueva teoría.

Esta tradición historiográfica parte de la idea del fracaso del proyecto científico español en el pasado para luego explicar las causas de este fiasco. El objetivo primordial de la investigación histórica es, precisamente, esta explicación⁵⁵. En muchos casos la historia de la ciencia española no ha logrado desprenderse de estos supuestos, lo que tácitamente ha impedido que otros enfoques expliquen el proceso de construcción de una cultura e identidad científica propia, independientemente de su éxito o revés, en términos de producción científica.

Diversos ensayos sobre la historia de la física en la España de la segunda mitad del siglo XIX reflejan este tipo de aproximación historiográfica. Por un lado, este periodo está muy cerca de otro más glorioso, el primer tercio del siglo XX, que protagonizaron brillantes físicos como Esteve Terradas (1883-1950) o Blas Cabrera (1878-1945) y que ha acaparado el interés de los historiadores de la ciencia española. Esto se advierte en las escasas publicaciones que existen

55 Sirvan de ejemplo unas palabras de Sánchez Ron en el prólogo de su libro *Cinzel, martillo y piedra*: “¿Y qué he pretendido [con mi libro]? Pues nada más y nada menos que comprender el porqué de los logros y carencias de la ciencia en España”. Sánchez Ron (1999), p. 8.

sobre el periodo anterior. Dejemos que uno de los pocos historiadores que se ha ocupado del siglo XIX, Antonio Moreno González, describa el punto en cuestión:

Decidido a investigar sobre la historia de la física en España, hube de elegir entre varias opciones debido a la escasez y dispersión de trabajos en esta materia. Una posibilidad, la más cercana, conocida y atractiva para mí, era dedicarme al siglo XX, en particular el primer tercio, llevado por el tirón de físicos como Blas Cabrera, José María Plans o Julio Palacios, por citar algunos, y por instituciones como la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas o la Real Sociedad Española de Física y Química, que también me resultan familiares. Otra opción era elegir algún aspecto monográfico –óptica, electromagnetismo, teoría atómica o cualquier otro– y seguirle la pista en nuestro país... Al final la decisión fue la menos “física” de todas, pero en mi opinión muy necesaria para historias posteriores: conocer el marco de referencia oficial en el que fue instalada la física como disciplina académica⁵⁶.

El exhaustivo estudio de Moreno, que recoge todos los Planes de Estudio de las Universidades españolas entre 1759 y 1900, es una excelente herramienta para el historiador, pero una lectura continua del texto nos sumerge en un mar de asignaturas y secciones que no revelan una imagen precisa de las prácticas de la enseñanza de la física de la época. Los planes de estudio son generalmente muy retóricos y es difícil realizar una buena interpretación histórica, sólo a partir de ellos.

El físico y matemático –además de político y dramaturgo– José Echeagaray ha sido uno de los pocos personajes de la segunda mitad del siglo XIX que ha pasado bajo el escrutinio del historiador de la física. José Manuel Sánchez Ron le ha dedicado dos trabajos. El primero rescata su obra como matemático y físico matemático. En el libro *José Echeagaray: matemático y físico-matemático* se hace una importante recuperación de sus documentos y un repaso de las diversas actividades que realizó⁵⁷. Este científico es presentado como un importante introductor de nuevas teorías matemáticas en España y se reseña ampliamente el contenido de la cátedra de física matemática que dictó desde 1905 en la Universidad de Madrid. El segundo artículo es “La física matemática en España: de Echeagaray a Rey Pastor” donde se revisa la física matemática en España, arrancando con una definición de lo que era esta disciplina en el siglo XIX⁵⁸.

Estos estudios describen la física española del siglo XIX como muy poco desarrollada. En el artículo “Las ciencias físico-matemáticas en la España del siglo XIX, Sánchez Ron dice que sus practicantes “carecen de originalidad” y se

56 Moreno González (1988a), p. 27.

57 Sánchez Ron (1990a).

58 Sánchez Ron (1990b).

dedican sólo a la enseñanza⁵⁹. La imagen de los físicos españoles de este periodo se presenta dentro de un incipiente proceso de profesionalización y especialización. De forma sugerente, afirma que no existían unas férreas fronteras entre los físicos profesionales, los ingenieros y los amateurs de la época.

Adicionalmente, el autor expone unos elementos iniciales que permiten una interpretación social del quehacer científico en la España decimonónica, específicamente en el campo de la física matemática. A partir del reconocimiento de la importancia de la relación entre ciencia pura y ciencia aplicada, y tomando a los laboratorios como el punto de encuentro e intercambio, ve en la débil industrialización del país una de las principales causas del retraso de la física española del siglo XIX.

No obstante, sus obras reflejan de forma notoria el modelo de recepción. Tanto cuando estudia la recepción de la conservación de la energía de Echegaray, como cuando estudia la emergencia de la disciplina de la física-matemática en las universidades españolas, priman las comparaciones temporales de conceptos y disciplinas tratados de forma ahistórica. En sus textos se evidencia un esfuerzo por incorporar dentro de una historia local las narrativas positivistas y teleológicas de las historias intelectuales que mencionábamos anteriormente. Dejemos hablar al propio Sánchez Ron al comentar un artículo de Echegaray:

Es interesante señalar que aunque los artículos [*Del movimiento continuo* (1853)] que estoy estudiando trataban, en definitiva, del principio de conservación de la energía, principio que Hermann von Helmholtz (1847) había formulado con precisión y generalidad seis años antes, Echegaray mostraba en su trabajo la gran distancia que le separaba del conocimiento que había ofrecido el científico alemán; baste con decir que mientras que Echegaray no salía del ámbito de la mecánica, Helmholtz se movió en campos tan variados como la teoría del calor, la electricidad, la mecánica, la química y la fisiología⁶⁰.

El inconveniente con este tipo de posturas es que se asume como elemento de comparación una verdad descontextualizada, en este caso lo que Helmholtz “formuló con precisión” en 1847. Sólo en retrospectiva su *Über die Erhaltung der Kraft* puede ser visto como un texto decisivo en la formulación de la ley de la conservación de la energía o *Kraft* (fuerza) en palabras de Helmholtz. En su momento, J. C. Poggendorff rechazó el escrito y no lo publicó en su prestigiosa revista *Annalen der Physik und Chemie*. Helmholtz sólo logró publicar su texto al margen de las revistas científicas oficiales. Muchos de los físicos alemanes contemporáneos a Helmholtz no le prestaron mayor atención y no fue hasta

59 Sánchez Ron (1992).

60 Sánchez Ron (1990a), p. 30.

1852, cuando Thomson reconoció la importancia del texto de Helmholtz, que adquirió una gran credibilidad⁶¹. En todo caso, el escrito demostró su compromiso con una física de fuerzas atractivas y repulsivas actuando a distancia, lo que contrastó de forma evidente con la aproximación que tenía Thomson en ese momento de un mundo físico funcionando en un continuum⁶². En esos momentos se construía el significado de la energía y era algo maleable, por lo que una comparación temporal no parece muy adecuada.

En la denominada “polémica de la ciencia española”, que se originó en el siglo XVIII y que todavía representa beneficios para los productores de tinta, parece gestarse una posible causa de la extendida utilización del modelo de recepción, en el que la ciencia española es el resultado de la simple imposición de culturas científicas dominantes. La búsqueda de las causas del retraso de las ciencias naturales en España ha sido la pregunta clave desde ese siglo y sus respuestas han sido múltiples. ¿Era España un país incapaz de producir un estudio válido en tecnología y ciencia? Para el intelectual español de finales del siglo XIX, Marcellino Menéndez Pelayo, la respuesta estaba en la falta de interés de los españoles por “la sublime utilidad de la ciencia inútil”⁶³. Un buen resumen de las posibles causas del atraso científico español esgrimidas en este debate lo aportó el premio Nobel de medicina de 1906, Santiago Ramón y Cajal, al enumerar –y criticar– las teorías más utilizadas: altas temperaturas, falta de lluvia, razones morales y políticas, la Inquisición y el fanatismo religioso, la arrogancia y el orgullo español y la tradición de aislamiento intelectual⁶⁴. Estos debates se siguieron suscitando a lo largo del siglo XX alternando con la dicotomía de la existencia o no de una verdadera cultura científica española. Naturalmente en el prolongado periodo totalitario español (1939-1975) la imagen impuesta fue la de evitar las posturas pesimistas. Agustí Nieto-Galan argumenta en su artículo “The images of science in modern Spain”, que esta permanente discusión ha jugado un papel central en la construcción de las imágenes de la ciencia española desde el siglo XVIII y por consiguiente en la misma historia de la ciencia como disciplina. La manera como los historiadores de la ciencia ven el pasado científico español puede estar influenciada por las prolongadas controversias públicas intelectuales sobre la ciencia española⁶⁵.

De igual manera que “la polémica de la ciencia española” ha influido en la historia de la ciencia, otro tanto se puede decir de la interacción ciencia-religión. Ambos aspectos han generado una imagen antagónica y de conflicto que ha

61 Smith (1998), pp. 126-128.

62 Smith (2003), p. 300.

63 Citado en Nieto-Galan (1999), p. 77.

64 Nieto-Galan (1999), p. 79.

65 Nieto-Galan (1999), p. 81-84. Sobre la “polémica” véase también García Camarero (1970) y López-Ocón (1992).

contribuido a que en muchos casos las preguntas de partida de la investigación histórica contengan términos como éxito o fracaso, mejor o peor, copia o invención, recepción o periferia. En vez de recurrir a estas categorías bipolares, parece más sugerente pensar en términos de interacción, apropiación, o mediación⁶⁶. Así como la polémica de la ciencia española traspasó el contenido histórico que la caracterizó, igualmente el debate ciencia-religión fue mucho más allá de su tema inmediato, es decir, la cuestión de si la religión católica era un freno irreconciliable para el progreso científico, o por el contrario, su complemento ideal⁶⁷.

Así lo señalaron Antonio García Belmar y José Ramón Bertomeu Sánchez, al estudiar la historia de la química en España:

Un resultado de la imagen difusionista [...] ha sido la poca atención que se le ha dado a cuestiones como las razones y los intereses por los que los actores históricos se sintieron atraídos hacia la química, o a los procesos de apropiación de nuevas prácticas de enseñanza y de investigación, o al contexto de recepción, donde se adaptaron nuevas ideas y prácticas⁶⁸.

El reconocimiento de las cuestiones mencionadas como puntos de partida de la investigación histórica le otorga una nueva dimensión a una serie de elementos que en muchos casos han sido infravalorados. Un claro ejemplo de esto son los libros de texto. Además de una búsqueda en su interior para verificar si son transmisores de una nueva teoría, parece interesante cuestionar el mismo orden del texto, la retórica usada, sus posibles audiencias –que en muchos casos no son sólo los estudiantes o los miembros de la comunidad científica–, los motivos y el contexto en que se escriben, se editan y se distribuyen y volviendo a su papel de transmisión de conocimiento, buscar sus elementos de apropiación y sus particularidades de circulación⁶⁹.

En general, una visión histórica de las ciencias naturales como una serie de prácticas culturales ha demostrado ser adecuada para los llamados contextos periféricos y ha evitado caer en el modelo de recepción. Este enfoque presta especial atención a los procesos de divulgación y apropiación del conocimiento científico y permite replantear el significado social y cultural de la ciencia en determinados contextos. Más que sufrir un proceso de transferencia pasivo desde un centro generador hacia una periferia receptora⁷⁰, las ideas y prácticas científicas

66 Nieto-Galan; Papanelopoulou (2006), p. 2.

67 En el capítulo 1 de este trabajo se realiza un repaso historiográfico detallado sobre las relaciones entre ciencia y religión.

68 García Belmar; Bertomeu Sánchez (2003), p. 144. [La traducción es mía].

69 Bertomeu Sánchez *et al.* (eds.) (2006); Simon (2009).

70 El ejemplo ya canónico de esta postura lo aporta Basalla en su artículo "The Spread of Western Science." Basalla (1967).

se transforman y se adaptan en contextos históricos y geográficos específicos⁷¹. Numerosos estudios han resaltado que la ciencia no sólo influyó a la sociedad por sus resultados materiales, sino que en un proceso de interacción, configuró y se vio configurada por ciertas ideologías (*Weltanschauungen*) y prácticas culturales locales⁷².

Diversos estudios sobre la divulgación científica han revelado su capacidad para legitimar la autoridad científica y su importancia en la profesionalización e institucionalización de la ciencia⁷³. Así mismo, se ha resaltado que sus contenidos son resultado de una negociación entre los divulgadores, los propios científicos y sus públicos. Y en este sentido se ha reconocido el papel de los públicos en la consolidación y validación de la autoridad científica.

No obstante, los mismos procesos de divulgación han generado una imagen denominada el “modelo del déficit” o la “visión dominante de la divulgación”, de separación entre la ciencia y la opinión, entre los expertos y los profanos. Esta imagen se desarrolló durante el siglo XIX de forma paralela a la profesionalización de la ciencia y se ha ido consolidando hasta el presente⁷⁴. Estos modelos han sido criticados porque suponen un proceso de mera transmisión de conocimiento en la que unas audiencias pasivas reciben una versión, en mayor o menor medida simplificada y/o degradada de un conocimiento científico genuino⁷⁵.

La relación entre los expertos y los profanos se presenta a la luz de nuevas aproximaciones interpretativas 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 científica⁷⁶. Terry Shinn y Richard Whitley resaltaron este punto en la introducción del libro *Expository Science*. Los autores enfatizan que la diversidad de medios a través de los cuales se comunica la ciencia forma parte de un proceso de *exposición* en el que cada uno de estos medios cumple múltiples funciones. Con el término *expository*, Shinn y Whitley apuntan a la idea de que existe un continuum de métodos y prácticas que abarcan todos los instrumentos para comunicar resultados e ideas entre un amplio rango de públicos. La intención de la exposición va más allá de la propia comunidad científica y la información que transfiere no es sólo el resultado de la investigación básica, sino

71 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, Gavroglu *et al.* (2008).

72 Una buena introducción al estudio social y cultural de la ciencia y la tecnología se encuentra en Golinsky (1998).

73 Véase por ejemplo Turner (1980); Shapin (1990); Bensaude-Vincent (1997); Papanoulou, Nieto-Galan y Perdiguero (eds.) (2009).

74 Un análisis al respecto lo aportan, Hilgartner (1990); Bensaude (1997); Myers (2003).

75 Cooter y Pumfrey (1994).

76 Shinn y Whitley (eds.) (1985).

también de un programa docente o una reflexión sobre sus implicaciones sociales o económicas, por ejemplo⁷⁷.

Esta aproximación está relacionada con la historia cultural y en especial con la historia de las prácticas de la lectura y su énfasis en los procesos de apropiación⁷⁸. El historiador de la lectura Roger Chartier define la apropiación cultural como las diferentes formas en las que los individuos utilizan activamente los productos culturales que circulan por el mundo social y generan una serie de prácticas que de diversas maneras “se apoderan de los bienes simbólicos, produciendo así usos y significaciones diferenciados”⁷⁹.

Así pues, la divulgación científica se entiende, no como un instrumento neutral y apolítico de transmisión y simplificación del conocimiento científico, sino como una serie de prácticas culturales relacionadas con el ejercicio del poder. Más aún, la divulgación científica se enmarca dentro de una esfera pública que es a su vez interpretada como un espacio cultural donde existen tensiones y negociaciones culturales e ideológicas entre diversos públicos⁸⁰. El concepto de esfera pública, desarrollado especialmente por el sociólogo alemán Jürgen Habermas⁸¹, es muy provechoso para variados estudios sobre la historia de la ciencia⁸².

A partir de este acercamiento, la divulgación se convierte en un importante instrumento de análisis de la ciencia periférica y les otorga a los proyectos divulgativos y educativos la jerarquía suficiente como para desplazar del centro de atención a los héroes internacionales, como elementos de comparación, de las figuras locales⁸³. Una posible característica de estos proyectos, común a la periferia, es la especial permeabilidad de los vehículos transmisores de conocimiento, es decir, que la frontera que divide los contenidos para expertos y para profanos tiende a diluirse muy fácilmente. Así, por ejemplo, los libros de texto o los de divulgación comparten muchas características que hacen difícil una separación definitiva en su análisis histórico. Bensaude-Vicent y Rasmussen lo expresaron de la siguiente manera:

En el Portugal o en el Brasil del siglo XIX, donde la actividad científica profesional se desarrollaba bajo el impulso de academias, instituciones universitarias o sociedades científicas en estrecha solidaridad con la difusión de la información en los medios

77 Shinn y Whitley (1985), p. viii.

78 Jonathan Topham resalta la relevancia de las nuevas ideas de la historia de la lectura para la historia de la ciencia. Topham (2004).

79 Chartier (1992), p. 53.

80 Calhoun (ed.) (1992).

81 Habermas (1981 [1962]).

82 Véase, por ejemplo, Yeo (1993).

83 Nieto-Galan y Papaneloupoulou (2006) destacan la importancia de la divulgación científica para el estudio de la historia de la ciencia en la llamada periferia científica europea.

agrícolas o mineros, parece imposible definir una distinción clara entre las revistas de divulgación y las especializadas⁸⁴.

El periodo histórico y el lugar geográfico estudiado en este trabajo revelan de forma manifiesta la dificultad de establecer distinciones claras entre expertos y profanos, entre profesionales y amateurs y entre medios de comunicación especializados y divulgativos. Esta situación conecta muy bien con una nueva aproximación historiográfica que pretende incorporar algunas de las ideas sobre la divulgación científica antes expuestas pero que a la vez intenta traspasar esta categoría metodológica. En particular, James Secord propuso en un artículo programático problematizar la tradicional distinción entre la producción de la ciencia y sus procesos de comunicación. Aludiendo a la idea de *knowledge in transit* Secord trató de entender la ciencia como una forma de comunicación⁸⁵. En este sentido y como lo comentábamos anteriormente, el término *comunicación de la ciencia* –en vez de divulgación– parece más adecuado para los propósitos de esta investigación por varios motivos.

En primer lugar, y como lo indicaron Nieto-Galan y Papanelopoulou, la propuesta de Secord conecta con la búsqueda de una historiografía de la apropiación adecuada a la periferia científica que no dependa de categorías bipolares como hacer-comunicar, o producir-recibir, sino que contempla la circulación del conocimiento como un proceso activo y creativo⁸⁶. Además, y como lo sostiene el mismo Secord, considerar el conocimiento científico como un proceso de comunicación ofrece un buen potencial para elaborar narrativas históricas más amplias y que interesen tanto a otros historiadores como a un público más numeroso⁸⁷. Rastrear la circulación del conocimiento científico teniendo muy presente que sus contenidos y sus medios de difusión son productos culturales que se utilizan de forma activa por diferentes individuos permite elaborar un novedoso relato de la ciencia que reafirma la relevancia de la comunicación científica en la configuración de las sociedades.

LA COMUNICACIÓN DE LA TERMODINÁMICA EN LA ESPAÑA DE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX

Los primeros textos que expusieron las nuevas leyes de la termodinámica en España –a partir de los últimos años de 1860– coincidieron con la aparición de libros que respaldaron científicamente visiones materialistas de la naturaleza y

84 Bensaude-Vincent y Rasmussen (1997), p. 29.

85 Secord (2004), p. 661.

86 Nieto-Galan y Papanelopoulou (2006), p. 2.

87 Secord (2004), pp. 659-660.

que cuestionaron valores religiosos tradicionales. La traducción de textos como *Fuerza y materia* (1868) del médico alemán Ludwig Bücher o la *Historia de los conflictos entre ciencia y religión* (1876) del químico inglés John Draper deben inscribirse dentro del proyecto modernizador del liberalismo español que persiguió, entre otros, la secularización del Estado y de la vida pública⁸⁸. A partir del sexenio democrático la circulación pública de este tipo de textos fue mucho más fluida tanto por la abolición de la censura como por el aumento y consolidación de diferentes medios de comunicación.

Estas circunstancias auspiciaron un amplio debate público sobre ciencia y religión que tenía como telón de fondo la búsqueda de diversas posibilidades reformistas que abarcaron el Estado, las instituciones y la sociedad. Como lo señaló Manuel Suárez Cortina, las posibilidades de renovación y transformación propias de la Restauración fueron variadas y constituyeron “un escenario preñado de transacciones entre opuestos”⁸⁹. En el marco de esta diversidad de discursos, el significado de progreso y su relación con la ciencia fue igualmente variado: la ciencia 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 que defendían diferentes fórmulas para el progreso de la sociedad y del Estado. Suárez Cortina señala 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”⁹⁰.

Para un periodo histórico como el de la segunda mitad del siglo XIX, con una física en pleno proceso de institucionalización y profesionalización y con el advenimiento de los modernos Estados-Naciones europeos, el papel social y cultural de la propia física cobra un papel relevante⁹¹. Sin embargo, en el contexto español no existe 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 se sabe sobre el proceso de

88 Julio de la Cueva Merino asegura que la secularización, como parte de los procesos de la modernidad, aunque no está libre de debate, aporta un concepto útil en “cuanto proporciona un marco amplio dentro del cual entender y debatir el papel aparentemente menguante de la religión en las sociedades modernas occidentales”. Dentro de esta perspectiva, De la Cueva incluye el proyecto secularizador como un elemento clave de la Restauración. De la Cueva (1997), pp. 320-232.

89 Suárez Cortina (1997), pp. 11-12.

90 Suárez Cortina (2006), p. 17.

91 Knight (1986); Cahan (2003).

apropiación de los conocimientos científicos de acuerdo con 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, para institucionalizar las disciplinas científicas, o para imaginar una nueva nación?⁹². Al final del presente libro se espera esbozar algunas ideas que sirvan para dar respuesta a estas preguntas. Ninguna de ellas representa 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.

El periodo histórico estudiado empieza en los últimos años de la década de 1860 y termina en los primeros años de 1890, es decir, abarca el sexenio democrático y una parte importante del periodo de la Restauración. En 1867 el ingeniero de caminos José Echegaray publicó en España uno de los primeros textos divulgativos sobre las teorías de la física moderna, en donde se exponía en detalle la transformación del calor en trabajo. En este texto el autor mostró su preocupación porque las nuevas teorías físicas fueran asociadas al materialismo. A lo largo de la década de 1870 la exposición de la termodinámica se centró principalmente en las implicaciones morales y teológicas de sus leyes y en el papel de esta ciencia en la configuración de diversas visiones del mundo. La divulgación adecuada de la física, conjugando contenidos científicos y morales, fue presentada como un signo de modernidad y de originalidad nacional.

Las leyes de la termodinámica, en medio de un debate social sobre el materialismo científico y sus consecuencias sociales, tuvieron por tanto una amplia circulación pública y sufrieron múltiples reelaboraciones culturales que se expresaron en la década de 1880 cuando el uso social de la termodinámica traspasó los aspectos teológicos y cosmológicos e incursionó en los debates sobre el funcionamiento de la sociedad. Diversas interpretaciones de las leyes de la termodinámica fueron utilizadas para sustentar reformas sociales y económicas que los líderes intelectuales trataron de llevar a cabo durante la Restauración. La termodinámica adquirió un significado público cada vez más neutral y un sentido cada vez más práctico, lo que permitió que los reformadores de la Restauración elaboraran una termodinámica social como parte de sus proyectos políticos y sociales. En 1892, el químico Laureano Calderón mostró este proceso de forma notoria, en un discurso sobre la “cuestión obrera”. La sociedad se empezó a percibir como una máquina térmica en la que su progreso y bienestar eran mesurables en términos energéticos.

⁹² Sobre la idea de comunidades políticas y sociales imaginadas, véase Anderson (1987). Para una visión general sobre la construcción de identidades nacionales en la España del siglo XIX, véase Álvarez Junco (2001).

A lo largo del libro se abordarán las discusiones historiográficas pertinentes de acuerdo con los temas que se traten. En particular se hará un repaso historiográfico de la interacción ciencia-religión, de la divulgación de la ciencia, de la emergencia de nuevas disciplinas científicas y del cientifismo. Los dos primeros capítulos exploran en detalle los esfuerzos realizados por diferentes líderes intelectuales por definir los valores de la ciencia y en particular de la física. En libros, revistas y conferencias, se buscó asociar a la física unos determinados valores culturales que permitieran legitimarla públicamente. Alejándose de la visión tradicional de inevitable conflicto entre ciencia y religión, el primer capítulo analiza el papel que jugaron la Iglesia católica –y los intelectuales comprometidos con ella– en los procesos de comunicación de la física. Sin tener en cuenta al catolicismo como tradición cultural y los esfuerzos que hizo esta institución por definir los valores adecuados que debería tener la ciencia, es muy difícil comprender de forma profunda los procesos de apropiación y comunicación de la termodinámica en el contexto español.

Intelectuales católicos realizaron un gran esfuerzo por integrar la ciencia moderna y su prestigio social dentro de unos valores católicos tradicionales, a la vez que, adaptándose al nuevo orden liberal que le prestaba especial importancia a la opinión pública, divulgaron una imagen de la Iglesia que era capaz de asimilar y propiciar el desarrollo científico. En un claro intento antiseccular, en el que la Iglesia buscó mantener el control moral sobre la sociedad y sobre la educación pública, la institución hizo suyo el poder social de la ciencia, lo que a su vez auspició una mayor presencia de la ciencia en la esfera pública. Dentro de este proceso, el primer capítulo analiza algunas de las publicaciones e instituciones científicas que la Iglesia auspició y el debate público entre ciencia y religión que fomentó. Mediante este proceso de comunicación científica y moral, las leyes de la termodinámica sirvieron para refutar los discursos seculares y anticlericales de naturalistas y materialistas científicos.

El segundo capítulo explora las funciones sociales y culturales que diferentes líderes intelectuales de la década de 1870 le asignaron a la divulgación científica. Además de la Iglesia, intelectuales con diferentes orientaciones políticas expresaron en sus textos y discursos la preocupación que les causaba la consolidación de un espíritu materialista en la sociedad. Aunque las ciencias físicas supusieron un elemento legitimador de procesos secularizadores, representados por una burguesía liberal, que buscaron, por ejemplo, que la Iglesia no controlara la educación o reevaluar el papel de la religión como fuente de autoridad moral, algunas de sus leyes sirvieron de argumento para validar un nuevo orden social que esa misma burguesía no estaba dispuesta a aceptar. Intelectuales conservadores difundieron la idea de que el materialismo científico no sólo iba en contra de la Iglesia sino que personificaba una visión del mundo que fomentaba

la consolidación de un orden social anarquista y caótico, tan bien representado por sucesos como la *Commune* de París en 1871. La idea hegemónica de que el materialismo científico –y la degradación moral que éste promovía– era la fuente de todo desorden social fue un factor primordial en la configuración de cómo los líderes intelectuales de la burguesía liberal debían divulgar las nuevas teorías de la física. Por medio de libros de divulgación, revistas científicas y culturales, así como conferencias en diversas instituciones culturales, este capítulo analiza la integración de conceptos científicos con valores morales en los procesos de comunicación de la física. Además de que la divulgación de la ciencia fue presentada como un signo de modernidad y progreso, sus contenidos ayudaron a construir una determinada cultura científica. Un análisis de la divulgación de la física de la época muestra que el proceso secularizador asociado a ella, más que vaciar de significados sobrenaturales al universo, buscó trasladar la fuente de autoridad que legitimaba estos significados. Así, conceptos como el libre albedrío, la inmortalidad del alma o Dios fueron sustentados por las leyes de la termodinámica, y no a partir de la autoridad de la Iglesia.

Aparte de las características sociales y culturales que configuraron de forma general las funciones y contenidos de la divulgación de la física, existieron objetivos específicos en la construcción de una determinada imagen pública de la termodinámica. El tercer capítulo analiza un caso concreto de este proceso. En un contexto de gran debilidad institucional de la física, los ingenieros José Echegaray, Gumersindo Vicuña y Francisco Rojas publicaron una serie de textos en los que la termodinámica fue utilizada para legitimar la enseñanza de la asignatura de física matemática en la universidad. Haciendo uso de libros de divulgación, manuales de enseñanza, artículos de revistas y conferencias públicas, estos ingenieros definieron las características epistemológicas, ontológicas y sociales de la física matemática, presentando a la termodinámica como fiel exponente de esta física unificada y basada en hipótesis mecánicas. El apoyo institucional de la física teórica se presentó como una cuestión de prestigio nacional y el valor moral de su estudio se destacó como un signo de modernidad. Adicionalmente, presentar a la termodinámica como el fruto exclusivo de la física matemática sirvió para demostrar que su apoyo institucional era un aporte tangible al progreso industrial. No obstante, estos ingenieros manifestaron en sus textos la inquietud que les causaba el hecho de que la unidad de las fuerzas físicas se asociara a un materialismo antirreligioso representado por hombres como Büchner. Esta inquietud influyó de forma notoria en su definición de la física matemática y explica sus esfuerzos por reducir el concepto de energía a materia en movimiento.

El cuarto capítulo explora la construcción de una física alternativa a la definida por Echegaray, Vicuña y Rojas. Durante la década de 1870 el doctor en ciencias físicas Enrique Serrano Fatigati publicó numerosos artículos en los que

expuso una visión evolutiva de la naturaleza, donde las leyes de la termodinámica caracterizaban un universo que seguía una clara línea de progreso en su eterna transformación. Serrano respaldó una visión orgánica y unitaria de la naturaleza, donde la energía era su base conceptual. Desde esta perspectiva, las leyes de la termodinámica eran aplicables tanto al mundo material como al orgánico y social. Este físico planteó un programa pedagógico de esta física o “energética,” que se alejó drásticamente de las normas sociales, epistemológicas y ontológicas que Echegaray, Vicuña y Rojas se esforzaron por definir para la enseñanza oficial de la física moderna. El lugar idóneo para su enseñanza fue entonces la Institución Libre de Enseñanza que representó un esfuerzo privado por ofrecer una educación secundaria y superior libre de las presiones del gobierno y de la Iglesia. La energética de Serrano fue presentada por miembros de esta institución como una ciencia nacional y original, que aportaba una cultura científica idónea para construir una identidad nacional al servicio de los ideales reformistas y liberales propios de la Restauración.

Además del papel de la termodinámica en la construcción de diversas culturas científicas, sus leyes sufrieron una serie de reelaboraciones culturales que permitieron legitimar determinados aspectos de cómo debería funcionar la sociedad. El último capítulo, centrándose en la década de 1880, analiza el uso de analogías entre el mundo natural regido por las leyes de la termodinámica y el mundo social. Algunos líderes intelectuales de la Restauración abordaron, desde una óptica que veía a la sociedad como una máquina térmica, aspectos como la economía, la diferencia de clases sociales y la productividad laboral. Esta termodinámica social es analizada como un aspecto integrante de los procesos de comunicación y apropiación de la física, a partir de una reevaluación del concepto histórico de cientifismo y prestándole especial atención al uso de metáforas y alegorías energéticas.