

■ Stefan Pohl Valero ■

La termodinámica, su historia
y sus implicaciones sociales.

Stefan Pohl Valero

La termodinámica, su historia y sus implicaciones sociales.

Una revisión historiográfica

Artículo de revisión bibliográfica

Resumen:

A partir de una revisión historiográfica de la termodinámica, este artículo explora en líneas generales las implicaciones sociales que tuvieron las leyes de la termodinámica en el contexto europeo de la segunda mitad del siglo XIX. Examinando ejemplos que van desde debates teológicos hasta programas de reformas sociales, el artículo destaca la importancia de esta ciencia en la configuración del pensamiento social y político de la época.

Palabras clave:

Termodinámica social, ciencia y religión, metáforas, historia sociocultural, pensamiento social, siglo XIX, Europa.

Thermodynamics, its history and social implications

A historiographic review

Bibliographic review article

Abstract

This article starts with a historiographic review of thermodynamics, to broadly explore the social implications that the thermodynamics laws had on the European context in the second half of the XIXth. Century. Cases which go from theological debates to social reform projects are analyzed, highlighting the importance this science had on the configuration of the social and political thought of the epoch.

Key words: social thermodynamics, science and religion, metaphors, socio-cultural history, social thought, XIXth. Century, Europe.

¹ 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 Victor Saiz, 1884. Págs. 99-136, pág. 131.



n 1884 el químico español Laureano Calderón expresaba en una conferencia dada en el Ateneo de Madrid, uno de los principales centros culturales españoles de la época, su firme convicción de que la nueva ciencia de la termodinámica aportaba la base fundacional para resolver los apremiantes problemas de la sociedad. Sus palabras, en concordancia con las ideas de muchos otros intelectuales de toda Europa, reflejaban las implicaciones e influencias que la nueva teoría del calor estaba generando en el pensamiento social de la época:

Llegará un día en que el fisiólogo podrá predecir al examinar un recién nacido cuáles son los caracteres de aquella complicada máquina, cuáles sus resortes y cuántas sus energías, qué defectos existen en aquel organismo y á qué cualidades morales corresponden; y entonces á la obra hoy colectiva, empírica y brutal de la pedagogía, se sustituirá un trabajo paciente, detenido, con el que se procurará equilibrar en lo posible facultades destinadas á eterna lucha ó á completa inutilidad. La obra del derecho será entonces clara y precisa, y la sociedad, al reconocer la suma de energía de que cada hombre dispone, la proporción en que sus aptitudes se hallan combinadas, el medio en que realiza su existencia, el influjo de la herencia y hasta de las condiciones materiales de su vida; la sociedad, decimos, podrá fijar los límites en que la acción del sujeto haya de desenvolverse, y no exigirá de él responsabilidades que tal, determinado individuo no podrá acaso aceptar jamás. No caerá en el error de pedir á una máquina viciosamente construida la regularidad en la marcha que el principio teórico supone en la máquina ideal, ni cometerá el absurdo de esperar que sanción penal alguna fuera capaz de hacer de Nerón un Marco Aurelio ni de Lais una Lucrecia.¹

Además de las posibilidades que parecía ofrecer el concepto de la energía para el estudio y manejo de la sociedad, el hecho de que esta misma sociedad y sus individuos se interpretaran como una máquina térmica sirvió de manera idónea para legitimar diversos ordenes sociales. En la Europa del último tercio del siglo XIX, la imagen de una compleja máquina térmica, regida por las leyes de la termodinámica, se convirtió en una de las principales metáforas que explicaban cómo el universo, la sociedad y el hombre funcionaban. Desde esta visión, las leyes de la termodinámica sirvieron para justificar toda una serie de ideologías y reformas sociales. Si entendemos el "darwinismo social" como un término que expresa las influencias e implicaciones sociales y culturales del darwinismo —la interacción entre teorías biológicas y teorías sociales—, y en el que las férreas fronteras entre lo científico y lo social parecen difuminarse, entonces podríamos igualmente hablar de la "termodinámica social".²

Este artículo realiza una breve revisión historiográfica de la termodinámica y explora en líneas generales algunas de las implicaciones sociales de sus leyes. Los historiadores de la ciencia han llamado la atención sobre los recursos culturales presentes en la emergencia de la termodinámica. La cultura industrial, la economía política, percepciones y metáforas sociales y teológicas influyeron en el pensamiento de los filósofos naturales que formularon las leyes de la termodinámica. Adicionalmente, algunos historiadores culturales y críticos literarios han explorado el impacto que generó una imagen de la naturaleza articulada por las leyes de la termodinámica en la concepción moderna de la sociedad. Como ha destacado el lingüista Greg Myers, "la termodinámica, al igual que el darwinismo, ha estado entrelazada con el pensamiento social, influenciada por él e influenciándolo desde su misma emergencia."³ No obstante, pocos historiadores incluyen en sus narrativas las implicaciones sociales e ideológicas de la termodinámica. A diferencia del darwinismo social, las reelaboraciones socioculturales de los conceptos de la energía son poco frecuentes en los libros sobre historia de la ciencia del siglo XIX.⁴

² Sobre el darwinismo social, véase Robert Young. *Darwin's Metaphor: Nature's Place in Victorian Culture*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985. Peter Bowler. *Biology and social thought: 1850-1914*, Berkeley: Office for the History of Science and Technology, 1993. Cap. 4. Y más recientemente, Diane B. Paul. "Darwin, Social Darwinism and Eugenics", en Jonathan Hodge; Gregory Radick (eds.). *The Cambridge Companion to Darwin*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003. Págs. 214-239.

³ Greg Myers. "Nineteenth-Century Popularizations of Thermodynamics and the Rhetoric of Social Prophecy", en Patrick Brantlinger (ed.), *Energy & Entropy. Science and Culture in Victorian Britain*, Bloomington: Indiana University Press, 1989. Págs. 307-338, pág. 307. [La traducción es mía.]

⁴ A modo de ejemplo, véase el libro de texto sobre la historia de la ciencia, Peter Bowler; Iwan Morus. *Making Modern Science. A Historical Survey*, Chicago: The University of Chicago Press, 2005. Aunque el libro incluye un capítulo sobre la conservación de la energía, el capítulo dedicado a ciencia e ideología no hace referencia alguna

La termodinámica y sus historias

La ciencia de la termodinámica surgió a mediados del siglo XIX cuando se articuló el concepto físico de la *energía* y su conservación. De acuerdo a este principio —llamado la primera ley de la termodinámica— todas las formas de energía son cualitativamente transformables y cuantitativamente indestructibles. Diferentes fenómenos físicos 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 segunda ley de la termodinámica establecía que en los procesos en los que la energía se transformaba, parte de ésta tendía a disiparse en forma de calor: La cantidad de energía disponible para hacer trabajo disminuía inexorablemente en los sistemas cerrados. Este incremento de desorden en un sistema termodinámico fue acuñado por el físico alemán Rudolf Clausius como *entropía*. En resumen, Clausius verbalizó las dos leyes de la termodinámica de la siguiente forma: "La energía del universo es constante. La entropía del universo tiende a un máximo."⁵

Una conceptualización mecánica de la energía, con el trabajo como su medida esencial, dominó la física en la segunda mitad del siglo XIX, aunque el significado de energía no asumió un significado inequívoco. Esto se vio reflejado en las numerosas historias de la termodinámica que se escribieron antes de que se cerrara el siglo, dando lugar a múltiples controversias sobre la prioridad de sus descubridores y sobre el significado científico y filosófico de las diferentes formulaciones de sus leyes.⁶

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, afirmaba en su monumental *A History of European Thought in the Nineteenth Century* que:

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 — el concepto de energía.⁷

En general, estas historias recurrían a una narración de progreso en la que poco a poco unos determinados científicos iban descubriendo los secretos térmicos de la naturaleza. Esta versión sería la norma general hasta bien entrado el siglo XX.

El famoso artículo de Thomas Kuhn de 1959, "Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery", reflejaba esta tradición historiográfica, pero a la vez ofreció una aproximación alternativa a la historia de la termodinámica.⁸ El texto de Kuhn no se centraba en defender la prioridad del "descubrimiento" entre unos determinados actores, sino que trató de situar este proceso en un contexto determinado. Para Kuhn, el hecho de que en un periodo corto de tiempo un número considerable de hombres de ciencia en Europa se hubieran acercado 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 había surgido este concepto. En su artículo, Kuhn proponía tres factores claves que permitieron la formulación de la conservación de la energía: disponibilidad de procesos de conversión, interés por las máquinas térmicas y la filosofía alemana de la naturaleza o *Naturphilosophie*. En este sentido, Kuhn tuvo en cuenta aspectos como tradiciones de la ingeniería, la experimentación y la filosofía en su esfuerzo por

a la termodinámica, centrándose exclusivamente en la biología. En una reciente colección de ensayos que analizan la historiografía de la ciencia del siglo XIX se refleja igualmente esta situación. El capítulo sobre física, escrito por Jed Buchwald y Sungook Hong, destaca que la historiografía de la física ha sufrido un giro en el que las grandes teorías han pasado a un segundo plano y donde los instrumentos, la experimentación y la institucionalización han adquirido mayor importancia. Este ensayo no explora, sin embargo, la interacción entre el pensamiento social y la física, o las implicaciones sociales y culturales de sus leyes como aspectos historiográficos relevantes. David Cahan (ed.), *From Natural Philosophy to the Sciences. Writing the History of Nineteenth-Century Science*, Chicago: The University of Chicago Press, 2003.

⁵ Rudolf Clausius. "Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie", *Annalen der Physik und Chemie*, 125 (1865): 400. Una buena historia conceptual de la termodinámica la ofrece P. M. Harman, *Energía, fuerza y materia. El desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*, Madrid: Alianza Editorial, 1990.

⁶ Fabio Bevilacqua, "oltz's Über die Erhaltung der Kraft", en David Cahan (ed.), *Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science*, Berkeley: University of California Press, 1993. Págs. 291-333, pág. 291.

⁷ John Theodore Merz. *A History of European Thought in the Nineteenth Century*. Edinburgh: Blackwood, 1903, 4 vols. Repr. New York: Dover, 1965. Vol. 2, pág. 96. [La traducción es mía].

⁸ El artículo se encuentra reproducido en Thomas Kuhn, "Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery", en *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago: University of Chicago Press, 1977. Págs. 66-104.

⁹ Crosbie Smith. *The Science of Energy. A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*. Chicago: The University of Chicago Press, 1998.

¹⁰ Richard Hofstadter. *Social Darwinism in American Thought*. Boston: Beacon Press, 1955. Ed. rev.

¹¹ Erwin Hiebert. "The Uses and Abuses of Thermodynamics in Religion". *Daedalus*, 95 (1966): 1046-1080.

¹² Erwin Hiebert. "Thermodynamics and Religion: A Historical Appraisal", en F.J. Crosson (ed.), *Science and Contemporary Society*, Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1967. Págs. 57-104.

¹³ Sobre el auge del darwinismo social, véase Robert Richards. "Biology", en David Cahan (ed.), *From Natural Philosophy to the Sciences...* Op. Cit. Págs. 16-48.

¹⁴ Tanto el darwinismo como la termodinámica han sido utilizadas para legitimar diferentes posturas ideológicas.

ofrecer una explicación sociocultural para la formulación de la conservación de la energía. La tesis de Kuhn generó toda una serie de respuestas críticas, pero en general su trabajo perfiló en gran medida la ulterior investigación histórica sobre la termodinámica.

El extenso estudio de Crosbie Smith, *The Science of Energy. A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*, es uno de los resultados más elaborados de la aproximación iniciada por Kuhn.⁹ El libro de Smith explora las características económicas y culturales relacionadas con un grupo de científicos del norte de Gran Bretaña (James Joule, William Thomson, James Maxwell, Macquorn Rankine y Peter Tait) que construyeron e institucionalizaron la ciencia de la energía. En particular, Smith aludía a aspectos como 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 ciencia. En la mano de estos filósofos naturales, argumenta Smith, la ciencia de la energía adquirió una amplia autoridad cultural en la medida en que los principios de la energía fueron presentados como corroboraciones científicas de doctrinas religiosas.

Además de los factores técnicos, económicos y culturales presentes en el desarrollo de las leyes de la termodinámica, algunos historiadores de la ciencia se han interesado en sus implicaciones sociales y culturales. En efecto, en la década de 1960 otras aproximaciones históricas hacia la termodinámica empezaron a emerger: Dos décadas después de que apareciera el famoso libro de Richard Hofstadter, *Social Darwinism in American thought* (1944),¹⁰ en el que se exploraban las implicaciones sociales del darwinismo, algo parecido ocurrió con la termodinámica. Uno de sus historiadores, Erwin Hiebert, publicó en 1966 un artículo en el que se proponía un acercamiento alternativo al estudio histórico de la termodinámica. En su "Uses and Abuses of Thermodynamics in Religion," Hiebert se preguntaba por los usos que se le habían dado a conceptos físicos del siglo XIX para responder cuestiones religiosas, y en particular rastreaba la influencia que había ejercido la termodinámica en el pensamiento religioso.¹¹ Un año después, en el libro editado por F.J. Crosson y titulado *Science and Contemporary Society*, Hiebert resaltaba que las leyes de la termodinámica habían incitado a varios pensadores a realizar especulaciones sobre la fisiología, el vitalismo biológico y la vida en general, y llamaba la atención sobre su influencia en el pensamiento político, intelectual y religioso de la época.¹²

No obstante, este tipo de estudios no recibieron el mismo grado de atención que se generó en torno al darwinismo social.¹³ Si el darwinismo fue interpretado como una fuerza social que, en principio, respaldada unos valores individuales y competitivos propios del capitalismo; 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.¹⁴ En 1978 el historiador de la física Stephen Brush publicó un "extraño"¹⁵ libro titulado *The temperature of History. Phases of Science and Culture in the Nineteenth Century* en el que trataba de establecer conexiones generales entre la física y la cultura.¹⁶

Brush argumentaba que los conceptos fundamentales de la teoría del calor fueron *leitmotiv* de los movimientos culturales del siglo XIX —romanticismo, realismo y neo-romanticismo— 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 clasificar de forma ingenua a determinados científicos dentro de esta clasificación cultural,¹⁷ aportaba, no obstante, algunas ideas sugerentes. Al argumentar que la física pasó por periodos de romanticismo y realismo, Brush resaltaba que esto fue posible porque en el siglo XIX la física se encontraba en un proceso incipiente de especialización y profesionalización, con lo que más que científicos, existían filósofos naturales interesados por muy diversas áreas del saber. Igualmente, Brush mencionaba que la física de la época no era tan esotérica y que sus conceptos tenían un alto grado de visibilidad a través de publicaciones periódicas, charlas y conferencias públicas y libros populares. Esto

permitía 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 discutir.¹⁸ La conservación de la energía y la entropía se encontraban en el centro de este proceso público.

Precisamente en un libro que exploraba los aspectos culturales y sociales de la "ciencia Victoriana" en el que el foco de atención no fuera el darwinismo, apareció un excelente artículo que exploraba la divulgación de la termodinámica y la forma como sus leyes fueron apropiadas por parte de diferentes audiencias. En el libro *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 exploraba 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 moral.¹⁹ El texto de Myers resaltaba que el uso social e ideológico de la termodinámica no debía ser interpretado como un abuso de la autoridad científica, sino que se debía interpretar como un proceso inseparable de un entramado cultural en el que las audiencias y los científicos interactuaban mutuamente. El uso de metáforas y analogías entre el orden natural y el orden social fue un aspecto clave en el estudio de Myers. Este tipo de aproximación recibió un extenso estudio en un libro de 2001 escrito por el también lingüista Bruce Clarke. En su *Energy Forms. Allegory and Science in the era of classical thermodynamics*, el autor, recurriendo a herramientas de la crítica literaria, exploraba la interacción mutua entre la alegoría y la física del siglo XIX. Clarke subrayaba la idea de que los aspectos físicos y alegóricos de la nueva ciencia de la energía tuvieron repercusiones importantes en variados campos de la cultura, tales como la filosofía, la política, la literatura y el arte.²⁰

En el campo del arte estas ideas ya habían sido exploradas por el filósofo e historiador de la ciencia Michel Serres. Su libro, *Hermes: Literature, Science, Philosophy* (1982), dedicaba un capítulo a explorar las conexiones entre el concepto de energía y algunos estilos artísticos. En el capítulo titulado "Turner Translates Carnot", Serres interpretaba algunas obras del pintor británico William Turner como alegorías visuales de la emergencia de los principios de la termodinámica y de la sociedad industrial británica. Según Serres, las combinaciones pictóricas de Turner del sol y el océano simbolizan la generación industrial y cósmica de energía cinética que se producía al pasar el calor de cuerpos calientes a fríos.²¹

Por su parte, el historiador Anson Rabinbach exploró en su libro *The human motor. Energy, Fatigue, and the Origins of Modernity*, las características que permitieron que el cuerpo humano empezara a ser visto como una máquina térmica y las consecuencias sociales y políticas que esto ocasionó (en especial en Alemania y Francia). La metáfora del cuerpo como un motor, regido por las leyes de la termodinámica, supuso, según Rabinbach, una de las características esenciales de la modernidad, metáfora que transformó el concepto moderno de trabajo y de sociedad. La productividad y la necesidad de evitar el desgaste del motor humano se convirtieron en una obsesión de la sociedad industrial de finales del siglo XIX y principios del XX.²²

Los usos sociales de la termodinámica

Toda esta serie de estudios nos demuestra que términos tales como la energía o la entropía no son conceptos monolíticos y universales sino que sus significados sufrieron múltiples transformaciones y fueron utilizados para diversos fines. El uso de los conceptos termodinámicos a la hora de pensar en el funcionamiento de la sociedad no respondía a una única posición política. Al igual que como ocurrió con el darwinismo, tanto pensadores de derechas como de izquierdas se apropiaron de las leyes de la termodinámica para legitimar de forma científica sus posturas políticas e ideológicas. El hecho es que estas leyes, sus cambiantes significados físicos, sociales y morales, tuvieron una amplia circulación en la esfera pública europea, influyendo

Si Herbert Spencer desarrolló una filosofía evolutiva que basándose en "la supervivencia del más apto" en la "lucha por la existencia" legitimaba una sociedad competitiva y capitalista en la que sus individuos debían adaptarse a esta situación, otros intelectuales utilizaron las teorías biológicas para legitimar reformas liberales, anarquismo y socialismo, e igualmente antiimperialismo y feminismo. Al respecto, véase Diane B. Paul, "Darwin, Social Darwinism and Eugenics", ..., Op. Cit. Págs. 214-215. Sobre darwinismo y socialismo véase, por ejemplo, Kurt Bayertz, "Naturwissenschaft und Sozialismus: Tendenzen der Naturwissenschafts-Rezeption in der deutschen Arbeiterbewegung des 19. Jahrhunderts", *Social Studies of Science*, 13 (1983): 355-394. Álvaro Girón-Sierra, *En la mesa con Darwin: evolución y revolución en el movimiento libertario en España (1869-1914)*, Madrid: C.S.I.C., 2005.

- ¹⁵ Así lo calificaba Roy Porter en la reseña que hiciera del libro en la revista *Isis*. Roy Porter "Review of The Temperature of History. Phases of Science and Culture in the Nineteenth Century", *Isis*, 72 (1981): 520-521. Pág. 520.
- ¹⁶ Stephen Brush. *The Temperature of History. Phases of Science and Culture in the Nineteenth Century*, New York: Burt Franklin, 1978.
- ¹⁷ Roy Porter. "Review of The Temperature of History" ..., Op. Cit. Pág. 521.
- ¹⁸ Stephen Brush. *The Temperature of History...*, Op. Cit. Cap. 2.
- ¹⁹ Greg Myers. "Nineteenth-Century Popularizations of Thermodynamics" ..., Op. Cit.

20 Bruce Clarke., *Energy Forms. Allegory and Science in the era of classical thermodynamics*, Ann Arbor: The University of Michigan Press, 2001.

21 Michel Serres. *Hermes: Literature, Science, Philosophy*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1982.

22 Anson Rabinbach. *The Human Motor: Energy, Fatigue, and the Origins of Modernity*, Berkeley: University of California Press, 1990.

23 William Thomson. "On a Universal Tendency in Nature to the Dissipation of Mechanical Energy", *Philosophical Magazine*, 4 (1852): 304-306.

24 Crosbie Smith. "Natural Philosophy and Thermodynamics: William Thomson and the Dynamical Theory of Heat", *British Journal for the History of Science*, 9 (1976): 293-319. El pasaje reza así: "Alzad a los cielos vuestros ojos, y mirad abajo a la tierra; porque los cielos serán deshechos como humo, y la tierra se envejecerá como ropa de vestir, y de la misma manera perecerán sus moradores; pero mi salvación será para siempre, mi justicia no perecerá."

25 Al respecto, véase Crosbie Smith. *The Science of Energy...* Op. Cit. Capítulos 6 y 12.

26 Sobre el materialismo y naturalismo científico del siglo XIX, véase, entre otros, Frank Turner: "John Tyndall and Victorian Scientific Naturalism", en

en diferentes ámbitos culturales y sociales. 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 sin controversia. Sus leyes fueron utilizadas 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 algunos sectores de la sociedad acudieron a ellas 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 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. Sus leyes sirvieron para legitimar posturas económicas y sociales y para caracterizar el funcionamiento de la sociedad.

Teología y termodinámica

Para el círculo de Thomson y Maxwell, por ejemplo, las leyes de la energía sirvieron para respaldar una visión cristiana del cosmos. A partir de la segunda ley de la termodinámica, Thomson dedujo una consecuencia cosmológica de indudables repercusiones teológicas. Como lo explicaba Thomson, en los procesos en que la energía se transformaba, una parte de ésta siempre se disipaba en forma de calor. Esto significaba que esta energía no podía volver a ser transformada y por lo tanto no era más aprovechable. La ley de la entropía caracterizaba entonces un universo material que necesariamente debía tener un inicio y que se dirigía inevitablemente hacia un fin, aquel donde toda la energía estaría disipada en forma de calor y por lo tanto no habría posibilidad de ningún tipo de vida. Cuando Thomson publicó en 1852 su artículo "On a Universal Tendency in Nature to the Dissipation of Mechanical Energy,"²³ en el que explicaba la llamada "muerte térmica del universo", se estaba escribiendo una profecía bíblica con la autoridad de una fórmula matemática. La segunda ley de la termodinámica se convertía así en una confirmación física de una verdad moral. Thomson veía en la muerte térmica del universo una confirmación científica de la visión decadente de la tierra expuesta en el Antiguo Testamento y en especial en el pasaje Isaías 51:6.²⁴ Para Thomson, las dos leyes de la energía caracterizaban precisamente el contraste que aparecía en este pasaje bíblico que anunciaba el fin de la tierra y la desaparición de los cielos, pero a la vez la eternidad de la salvación. Este contraste entre temporalidad y eternidad se reflejaba en las leyes de la energía: en la tierra desaparecería el pecado así como se disiparía la energía, pero igualmente la salvación, la rectitud y la energía permanecerían para siempre. Con esto, Thomson pretendía preservar el sentido conservador de una teología natural que demostraba el poder del creador sobre la naturaleza.²⁵

En el último tercio del siglo XIX, la idea de que el universo alcanzaría un estado de equilibrio térmico se convirtió en la mejor arma contra las doctrinas materialistas y naturalistas de la época. Dentro de un amplio debate público entre ciencia y religión, que tenía como telón de fondo la búsqueda de diversas posibilidades reformistas que abarcaban el Estado, las instituciones y la sociedad, la conservación de la energía —al igual que la teoría de la evolución— representaron los mejores argumentos para promover una visión materialista del universo y para cuestionar valores tradicionales religiosos. Estas teorías científicas fueron muy importantes 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 fue utilizada para cuestionar el poder de la Iglesia y para proponer una nueva moral basada en la razón.²⁶ Pero si para los intelectuales reformistas la primera ley de la termodinámica significó una excelente herramienta para la secularización de la sociedad y la separación de la Iglesia y el Estado, para numerosos líderes intelectuales conservadores la segunda ley representó la confirmación de una visión del mundo que implicaba la existencia de un Artífice

de un universo con principio y final. Numerosos intelectuales católicos en toda Europa recurrieron a la ley de la entropía —y con ello a la creciente autoridad social de la ciencia— en su campaña por mantener dentro la Iglesia la autoridad moral y su poder sobre la sociedad. Tal como lo resumía un importante promotor católico y catedrático de la Universidad de Valencia en 1888:

Por último, demuestra concluyentemente la termodinámica, que aunque la materia y la energía son constantes en el universo, la energía actual se va convirtiendo poco a poco en energía térmica o vibratoria. Por consiguiente, cuando toda la energía actual se haya convertido en vibratoria, será tan grande la distensión de los átomos, que el mundo tornaría al estado caótico y habrá, por consiguiente, muerto. El *processus* evolutivo no podría empezar otra vez, puesto que careciendo ya entonces la materia de energía potencial, se necesitaría cierta impulsión nueva del Omnipotente para ponerla en movimiento. Luego la eterna evolución de la materia eterna es un absurdo.²⁷

Las metáforas sociales de la termodinámica

Pero además de las funciones secularizadoras y moralizadoras dentro del intenso debate religioso de la época, las leyes de la termodinámica sirvieron para caracterizar, a través de metáforas y analogías, el funcionamiento de diversos aspectos de la sociedad. Para muchos divulgadores científicos y pensadores sociales, la muerte térmica del universo fue utilizada para caracterizar las consecuencias de una sociedad comunista. En la década de 1870 y después de los sucesos de la Comuna de París, las elites intelectuales europeas veían con profunda preocupación la consolidación de movimientos obreros ejemplificados por la Asociación Internacional de Trabajadores, fundada en 1864. Así, desde un discurso capitalista decimonónico, un universo fatalmente equilibrado en términos de energía fue utilizado como un escenario que representaba a la perfección una sociedad comunista. El equilibrio de la energía en el universo era análogo a una sociedad igualitaria, sin diferencias sociales; sus consecuencias idénticas: la muerte térmica y la muerte social y económica. Como lo expresaban los científicos y divulgadores británicos Peter Tait y Balfour Stewart en un libro muy popular sobre la ciencia de la energía, "el calor es por excelencia el comunista de nuestro universo, y sin duda es el que llevará el sistema presente a su fin."²⁸ Su texto implicaba que el fin del universo, como el fin del capitalismo, era la consecuencia del comunismo. De forma similar, el aristócrata y economista conservador español Pedro Estasen, caracterizaba la muerte térmica del universo como una especie de disolución social en la naturaleza, donde los átomos, como en una sociedad democrática y socialista, alcanzaban un estado general de equilibrio energético y aniquilamiento social.²⁹

Adicionalmente, la metáfora de la sociedad como una máquina térmica sirvió para justificar las diferencias sociales entre la burguesía y la clase obrera. Tal como lo explicaba el químico Laureano Calderón frente al público del Ateneo de Madrid, en una serie de conferencias destinadas a resolver mediante las ciencias naturales la "cuestión obrera," las desigualdades sociales estaban impuestas por una ley natural.³⁰ Calderón recurría a la idea expuesta por el ingeniero francés Sadi Carnot que postulaba que era necesario un desnivel de temperaturas para que una máquina térmica funcionara. Este postulado, que fue la idea original que desembocó en la ley de la entropía, demostraba que para transformar energía calorífica en energía mecánica era necesario que el calor pasara de un cuerpo caliente a uno frío. Para Calderón, este desnivel de temperaturas representaba la configuración social de un Estado que promovía un comportamiento individualista y que respaldaba el espíritu competitivo del capitalismo. El intentar suprimir las diferencias de clases significaba para Calderón hacer inservible la máquina social.

W.H Brock et al. (eds.), *John Tyndall, Essays on a Natural Philosopher*, Dublin: Royal Dublin Society, 1981. Págs. 169-180. Frederick Gregory, *Scientific Materialism in Nineteenth-Century Germany*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1977. Paul Weindling, "Ernst Haeckel, Darwinismus, and the secularization of nature", en James R. Moore (ed.), *History, Humanity and Evolution: Essays for John C. Greene*, Cambridge: Cambridge University Press, 1989. Págs. 311-327. Estas ideas tuvieron una amplia difusión pública. Por sólo citar un ejemplo, el libro *Kraft und Stoff* escrito por uno de los principales representantes del materialismo científico, el médico alemán Ludwig Büchner, fue traducido a más de 17 lenguas y numerosas veces reeditado. Este libro, al igual que los textos divulgativos del físico irlandés John Tyndall, o el zoólogo alemán Ernst Haeckel recurrieron a la conservación de la energía para demostrar que el universo se regía exclusivamente por leyes naturales y donde la mano de Dios no era necesaria. Sus nombres acapararon la atención pública de la época.

27 Manuel Polo y Peyrolón. "Materialismo", en *Diccionario de Ciencias Eclesiásticas*, Valencia: Imprenta Doménech, 1888. Tomo VII, págs. 134-139, pág. 138.

28 Balfour Stewart; Peter Tait. *The Unseen Universe or Physical Speculations on a Future State*, London: MacMillan, 1885 [1875]. Pág. 126.

Evidentemente los argumentos termodinámicos respaldaron objetivos políticos y sociales muy diversos. Por ejemplo, el médico ucraniano Sergei Podolinsky realizó en la década de 1880 un detallado estudio termodinámico de la agricultura que pretendía apoyar la necesidad de un orden social informado por las ideas socialistas de Karl Marx y Friedrich Engels.³¹ Para Podolinsky, la posible muerte térmica del universo era evitable si se utilizaba correctamente la energía del universo. Por lo tanto, era esencial que la organización de la sociedad se convirtiera en una cuestión de optimización energética. Después de un análisis energético de las diferentes formas sociales de producción, Podolinsky demostraba que el capitalismo disipaba una gran cantidad de energía que estaba a disposición de la humanidad, tal como lo hacía una máquina deficiente. Sólo a través de una forma de producción socialista, concluía Podolinsky, en la que existiera una asociación igualitaria de las fuerzas de trabajo, se lograría que la gran máquina humana se volviera perfecta y que por lo tanto fuera capaz de acumular energía aprovechable. El socialismo, desde esta perspectiva, era la clave para evitar la muerte térmica del universo.

La ética de la energía

Al tratar de legitimar termodinámicamente el socialismo, el texto de Podolinsky reflejaba a su vez cómo la sociedad empezaba a ser concebida como un sistema de producción en el que su progreso material y moral era medible en términos energéticos. Lograr la máxima utilización de la energía que la naturaleza le dispensaba al hombre se estaba convirtiendo en uno de los nuevos valores de la sociedad moderna de finales del siglo XIX. Esta ética social de la conservación de la energía se reflejó, por ejemplo, en discursos que defendían el liberalismo económico. Defender la libre empresa significaba en última instancia evitar obstaculizar la transferencia y transformación de la energía.³² Como lo propusieron diferentes economistas del último tercio del siglo XIX, la vida económica era analizable en términos de intercambio de energía.³³ Corrientes económicas como la escuela neoclásica se vieron configuradas de forma notoria por este *ethos* energético.³⁴

La nueva visión de la sociedad y de sus individuos como una máquina térmica se empezó a consolidar en la mentalidad de los líderes intelectuales de finales del siglo XIX. La optimización del motor humano se convirtió en un objetivo esencial para el progreso de la sociedad. Desde esta perspectiva, la ley de la entropía aplicada a la máquina humana se tradujo en el concepto de fatiga. Si hasta la segunda mitad del siglo XIX la resistencia al trabajo era condenable en términos morales relacionados con la pereza, dentro del nuevo paradigma energético, la fatiga representó la principal causa de resistencia al trabajo. La primera ley de la termodinámica parecía demostrar que existían cantidades ilimitadas de recursos energéticos esperando ser utilizados para el progreso indefinido de la humanidad. Pero la segunda demostraba que, en cada proceso de transformación, parte de esa energía dejaba de ser aprovechable. En la medida en que el cuerpo humano se identificó como un mecanismo que convertía energía en trabajo, la idea de entropía fue aplicable a la actividad humana. La capacidad de trabajo de las personas estaba restringida por una ley natural.

El concepto de la "fuerza de trabajo" (*Arbeitskraft*), acuñado por el físico alemán Hermann von Helmholtz y desarrollado por Karl Marx, reflejó este paradigma termodinámico. El cuerpo era el sitio donde la fuerza de trabajo, una forma de energía, era convertida en la energía requerida para hacer funcionar el sistema fabril de las nuevas ciudades industriales. Este concepto se convirtió así en una mera medida energética, en un valor físico completamente separado de los aspectos sociales de las formas y condiciones del trabajo. La llamada "cuestión obrera" pareció entonces un problema solucionable a través de las ciencias naturales. A finales del siglo XIX expertos en fatiga, en nutrición y en la fisiología del motor humano buscaron obtener una supuesta solución "neutral" y objetiva a los conflictos políticos y económicos propios de las ciudades

²⁹ Pedro Estasen. *El Positivismo. O Sistema de las Ciencias Experimentales*, Barcelona: Jané hermanos, 1877. Págs. 200-201.

³⁰ Laureano Calderón. "La cuestión social y las ciencias naturales", en *Discursos pronunciados en el Ateneo de Madrid en 1890-1891*, Madrid: Moya, 1891. Págs. 1-11.

³¹ Podolinsky expuso sus ideas en un artículo titulado "Socialismo y la unidad de las fuerzas físicas" que fue publicado inicialmente en una revista francesa en 1880. Diferentes versiones de este artículo se publicaron en revistas rusas, italianas y alemanas. Existe una versión en inglés publicada recientemente, Sergei Podolinsky. "Socialism and the Unity of the Physical Forces", *Organization & Environment*, 17 (2004): 61-75.

³² Por ejemplo, el físico y político español José Echegaray defendía en la década de 1860 el libre-cambio económico en términos morales. En la década de 1880 sus argumentos se habían vuelto completamente termodinámicos. Al respecto, véase Stefan Pohl. 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. Cap. 5.

industrializadas. Esta aproximación científica buscó los medios para maximizar la productividad mientras se conservaban las energías de las clases trabajadoras. Diversas reformas sociales relacionadas con los programas de higiene social, la búsqueda de las formas más eficientes de entrenamiento militar y de la pedagogía, la legislación de accidentes industriales, el sistema de pago a los obreros y la duración del día laboral, estuvieron informadas por la doctrina del productivismo.³⁵ Doctrina que uno de sus principales representantes, el químico, industrial y filósofo social belga Ernest Solvay, no dudó en llamar "el equivalente social de la energética."³⁶

Por inapropiado que hoy nos parezca la percepción de la sociedad y de sus individuos simplemente como un motor regido por las leyes de la termodinámica, en el último tercio del siglo XIX esta ciencia fue un recurso cultural importante a la hora de entender el mundo y la sociedad. Para muchos pensadores y reformadores sociales, la termodinámica significó una ciencia que podría resolver las profundas tensiones sociales propias de una sociedad capitalista y en pleno proceso industrializador. No deja de ser sugerente que, en términos generales, la metáfora de la "máquina social" fuera tan relevante como la de la "supervivencia del más apto en la lucha por la existencia" en la configuración del pensamiento social y político de la época.

Grafia

³³ El economista alemán Carl Neuman o el pensador social inglés Thomas Henry Huxley compartían la idea general de que la conservación de la energía era aplicable a la economía. Anson Rabinbach, *The Human Motor...*, Op. Cit. Cap. 3.

³⁴ Al respecto, véase el interesante estudio, Phillip Mirowski. *More Heat than Light: Economics as Social Physics: Physics as Nature's Economics*, Cambridge : Cambridge University Press, 1989.

³⁵ Al respecto, véase Anson Rabinbach. *The Human Motor...*, Op. Cit. Cap. 4-8.

³⁶ Citado en Anson Rabinbach. *The Human Motor...*, Op. Cit. Pág. 180

