

Física, cultura y sociedad en el contexto europeo de principios del siglo XX

Physics, culture and society in the early 20th century European context

Ricardo Guzmán Díaz,¹ José Antonio Cervera Jiménez²

Artículo de revisión

Guzmán Díaz, R.; Cervera Jiménez, J. A., Física, cultura y sociedad en el contexto europeo de principios del siglo XX, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 61-68, 2011.

RESUMEN

El objetivo del presente artículo es mostrar el carácter dinámico y complejo de la física en un momento de enorme trascendencia histórica para esta disciplina científica, que podemos identificar con los inicios del siglo XX. A lo largo del artículo ofreceremos diversos elementos de análisis que nos hablan del cambio revolucionario de una disciplina científica, como la física, con sus propias crisis internas, pero también inmersa en un determinado clima cultural e intelectual y una serie de restricciones socioeconómicas que le imponían nuevos derroteros.

ABSTRACT

The aim of this article is to show the complex and dynamic nature of physics, in a moment of huge historical significance for the scientific discipline that can be identified with the beginning of the twentieth century. Throughout the article, we offer different elements of analysis which talk about the revolutionary change of a scientific discipline, such as physics, with its own internal crises,

Palabras clave: física, mecánica cuántica, revolución científica, cambio cultural, civilización, historia de la física.

Key words: physics, quantum mechanics, scientific revolution, cultural change, civilization, history of physics.

Recibido: 11 de Octubre de 2010, aceptado: 1 de Junio de 2011

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computacional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey, rguzman@itesm.mx.

² Departamento de Filosofía y Ética, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey, j.a.cervera@itesm.mx.

but also immersed in a cultural and intellectual climate and a number of socio-economic restrictions that imposed new directions.

INTRODUCCIÓN

A caballo, entre los siglos XIX y XX, nuevos y sorprendentes desafíos estaban surgiendo en la física. Encontramos, entre otros, el problema de la interacción entre materia y radiación –particularmente el asunto de la radiación de cuerpo negro–, el rompecabezas de los espectros atómicos y moleculares, la teoría del electrón, los rayos X, los fenómenos de radiactividad natural, etc. Estos nuevos fenómenos, aunados al contexto intelectual, cultural, social y político del momento, fueron el caldo de cultivo de una revolución donde la física sufriría una transformación tan o más radical y significativa que la que había ocurrido con científicos como Galileo y Newton, y con la que se develaría una nueva forma de entender el mundo y de actuar sobre él, inaugurando nuevas formas de relación más estrechas entre la ciencia y la tecnología.

A principios del siglo XX se habían desarrollado diversos esquemas conceptuales, entre los cuales existían una serie de tensiones, oposiciones e incompatibilidades. Podemos identificar tres formas explicativas en la física que se desarrollaron a lo largo del siglo XIX: la mecánica, el electromagnetismo y la termodinámica; cada uno de ellas contó con sus promotores y sus detractores. Probablemente, el paradigma más fundamental fue el de la mecánica. Para algunos científicos, siendo el caso más conocido el de William Thom-

son (lord Kelvin), la inteligibilidad de un fenómeno dependía de la posibilidad de describirlo en términos mecánicos (Harman, 1990: 179-181; Lindley, 2001). Sin embargo, a finales de la centuria decimonónica, eso se tradujo en una limitación que tuvo que superarse para poder lograr nuevos resultados y nuevos esquemas de comprensión. Obviamente, esa superación no se dio de la noche a la mañana, sino que se produjo lentamente en el transcurso de las tres últimas décadas de ese siglo.

El fundamento del programa de explicación mecánica de la física partía de considerar la existencia de partículas de materia en movimiento, como el substrato que yacía bajo la realidad física. Habría un espacio y tiempo absolutos a manera de escenario donde estarían depositadas las partículas materiales, las cuales interactuarían entre sí de acuerdo con ciertas leyes que el hombre ha ido descubriendo. Esas leyes, descritas fundamentalmente en términos de ecuaciones diferenciales, y las condiciones iniciales de las partículas, permitían predecir su posición y velocidad futuras; el mundo era determinista y continuo. Por supuesto que es necesario hacer algunas distinciones, pues los físicos usaban la explicación mecánica de diversas maneras. En un primer sentido, los fenómenos físicos se explicaban, como dijimos, en términos de partículas a las cuales se les podía rastrear su movimiento continuo en el espacio conociendo las fuerzas que interactuaban entre ellas. Por otro lado, la explicación mecánica podía implicar la descripción de modelos hipotéticos que incluían ruedas,

resortes, engranes y demás componentes mecánicos para la representación de los fenómenos. Por último, se recurría al formalismo matemático abstracto de la dinámica (Harman, 1990: 22-23).

Otro criterio de inteligibilidad muy socorrido era el de la causalidad. Laplace, a finales del siglo XVIII, se vanagloriaba de poder predecir el futuro del mundo conociendo las condiciones actuales y las leyes físicas.³ En principio, dejando a un lado las dificultades de cálculo matemático, el mundo físico estaría completamente predeterminado.⁴ Este sentido fuerte de causalidad se iría diluyendo, primero con la introducción del análisis estadístico (Sklar, 1993: 128-153) y, posteriormente, con el abandono del paradigma mecánico clásico en la nueva física.

Si consideramos como 'física clásica' aquella que describe al mundo inanimado regido por las leyes mecánicas de Newton, las del electromagnetismo de Maxwell y las de la termodinámica, veremos que es una imagen suficientemente adecuada para la comprensión de muchos de los fenómenos físicos encontrados en la vida diaria y que además permitió el desarrollo de una incipiente industria tecnológica. Sin embargo, una inspección más cercana mostraría las incapacidades de la física clásica. No explica, por ejemplo, por qué brilla el sol, por qué algunas sustancias son buenas conductoras de la electricidad en tanto que otras son aislantes, etc. (Pais, 1991: 66). Sin embargo, la mayoría de los físicos de finales del siglo XIX albergaban la esperanza de que a la explicación física del mundo, basada en la mecánica, la termodinámica y el electromagnetismo, sólo le faltasen retoques y detalles menores y se llegara así a la culminación de la ciencia en donde se agotaría el conocimiento de la naturaleza, donde ya no habría nada más que conocer. Quienes así pensaban, se encontraban verdaderamente lejos de la verdad y no imaginaban la revolución que se avecinaba. Lejos de que esto sucediera, se empezó a acumular el conocimiento de nuevos fenómenos que no cabían en el contexto de los esquemas teóricos de la física conocida y que fueron haciendo evidente el hecho de que el edificio de la física clásica se tambaleaba.

Los últimos años del siglo XIX se vieron marcados por nuevos y sorprendentes descubrimientos experimentales que representarían un gran desafío para lograr hacerlos encajar en un marco teórico. En 1895, en el contexto de la experi-

³ Esta concepción laplaciana está asociada, por supuesto, a una idea de causa y efecto en el tiempo. Dado un corte transversal de todo cuanto existe en un instante de tiempo, se tendría la posibilidad de conocer las condiciones de un estado posterior (el efecto) o anterior (la causa). Es la eliminación de todas las causas aristotélicas, con excepción de la causa eficiente, siendo ésta la sobreviviente de una forma racional de mirar al mundo que utiliza dichos esquemas causales como "guía de observación y experimentación" (Ferreiros y Ordóñez, 2002: 56-57). Se trata de una forma utilitaria del conocimiento, pues en ella se basa la posibilidad de predecir y, por lo tanto, de controlar.

⁴ En realidad esta forma de causalidad usada por las ciencias físicas –a que hacemos referencia aquí– es la que lleva al determinismo estricto, pero dentro de la visión científica del mundo han existido concepciones distintas de causalidad. Por un lado, hay versiones más débiles, por ejemplo, aquella que entiende la causalidad simplemente como noción de obediencia a leyes. Pero por otro lado se llegaron a usar, incluso, sentidos más fuertes de la causalidad, por ejemplo, la conformidad a leyes mecánicas, a la visualización espacio-temporal, a la acción por contacto, a la descripción por medio de ecuaciones diferenciales, etc. (Forman, 1984: 107-108).

mentación con descargas eléctricas en tubos al vacío, se había reportado la existencia de una nueva forma de radiación muy penetrante, los rayos X, cuya naturaleza resultaba problemática (Röntgen, 1895). Por otro lado, se confirmaba en 1897 el carácter corpuscular de los rayos catódicos (Thomson, 1897). En 1896, se mostraba la existencia de otras formas de radiación emitidas por sales de uranio (Becquerel, 1896). En fin, se abría para los científicos un abanico de nuevos efectos que tarde o temprano tendrían que ser explicados teóricamente, lo cual ciertamente no sucedería dentro de las fronteras de la física clásica, pues exigiría la necesidad de un rompimiento con sus esquemas.

La física como fuerza civilizadora

La ciencia, y en particular la física, ha sido a través de los tiempos una gran aventura intelectual por sí misma, pero a la vez ha influido y se ha alimentado de su entorno cultural, filosófico, económico, político y social. Esto es particularmente cierto en relación con la transición que experimentó la física a finales del siglo XIX y principios del XX, siendo este proceso de cambio sólo parte de una revolución más general en el pensamiento humano y en la cultura que incluyó todo tipo de esfuerzo intelectual. Esta amplia revolución intelectual caracterizó a esta época de cambio de siglo y significó toda una nueva actitud hacia la vida y el conocimiento. Así, el desarrollo de la nueva física, en sus planteamientos conceptuales, en sus métodos y hasta en sus objetivos mismos, se vio influenciado por las nuevas necesidades y exigencias del entorno social, y los logros científicos resultantes mostraron su importancia al trascender hacia otras esferas, "condicionando universos como los de la política, la industria y la economía" (Sánchez, 2001: 9), convirtiéndose así esta ciencia en verdadera fuerza civilizadora.

Fin de siglo: una revolución intelectual

El racionalismo que había regido la mayor parte del siglo XIX llegó a un momento de crisis al finalizar la centuria. Los avances científicos habían contribuido a la defensa del determinismo, el positivismo y el mecanicismo,⁵ pero nuevas posiciones a favor de un nuevo espíritu que reconociera la intuición, la libertad, el pensamiento especulativo y la espontaneidad surgían por doquier. En medio de este clima cultural e intelectual, aunado a sus propias crisis internas, la física sufrió sacudidas donde su identificación con una u otra posición filosófica fueron parte de su propia evolución. Los físicos que vivieron en carne propia esos procesos de cambio tuvieron que vivir en medio de la incertidumbre que eso implicaba.

Esta crisis intelectual generalizada adquirió mayor notoriedad en los años noventa, y para describirla se han utilizado diferentes denominaciones que la caracterizan sólo de modo parcial. 'Irracionalismo', 'neorromanticismo', 'neomisticismo', 'antiintelectualismo' son términos que, como señala Stuart Hughes (1977: 33-66), representan sólo parcialmente esos nuevos movimientos, y se utilizan para intentar expresar el desprecio que esas corrientes mostraron por la mentalidad racionalista y objetivista y su deseo de volver a la senda de la imaginación y el subjetivismo. Sin embargo, dichas denominaciones no son del todo acertadas en cuanto que sugieren un alejamiento del pensamiento ilustrado, siendo que eso no corresponde a los esfuerzos intelectuales, pues los impulsores del nuevo pensamiento en realidad buscaban no una retirada de la racionalidad, sino, en todo caso, nuevas sendas de la misma.⁶

Particularmente, Carl Schorske (1981) analiza el clima cultural que prevalecía en la Viena de cambio de siglo. Según este autor, el sueño de la sociedad racional guiada por la ciencia se venía desmoronando y surgían nuevas motivaciones hacia lo oculto y un rechazo de los valores y significados del pasado. Esta coyuntura intelectual llevaría, según Schorske, a una transformación del 'hombre racional', como dueño de sí mismo y con el dominio científico y moral de la naturaleza y de la sociedad, hacia el 'hombre psicológico', mucho más limitado y sujeto a fuerzas fuera de su

⁵ Anteriormente, nos hemos referido a la mecánica como uno de los paradigmas explicativos de la física clásica. Aquí usamos la expresión "mecanicismo" como una extensión en el sentido de aquella doctrina según la cual toda realidad natural tiene una estructura semejante a la de una máquina y puede explicarse mecánicamente.

⁶ Hughes menciona a pensadores de la talla de Nietzsche, Durkheim y Freud.

control.⁷ Esto conduciría a expresiones artísticas peculiares que se alejarían de una descripción directa e intuitiva de la realidad, reflejando el nuevo papel de la imaginación y la subjetividad. Y dado que la ciencia es tanto un producto de la época en que se produce, como un conformador de la misma (Purrington, 1997: 173), no sería muy arriesgado decir que muy probablemente no sea casualidad que en la ciencia, y en la física más específicamente, se siguieran caminos que también se alejarían de ese tipo de percepción objetiva y material y que llevarían hacia un camino progresivo de abstracción física, sobre todo cuando los nuevos objetos de estudio de esa ciencia se encontraban en la escala microscópica, alejándose así cada vez más de la experiencia sensible e inmediata. De esta manera, se entraba en la representación de un mundo de entidades que no se ven, llevando esto a que el factor 'imaginación' tomara una nueva dimensión e importancia.

Ahora bien, lo dicho anteriormente está planteado sólo a manera de contexto general en el ámbito cultural e intelectual. Pero para

estudiar con mayor precisión los contactos de este contexto hacia y desde la física deberemos referirnos más específicamente, aunque sea de manera sucinta, a la lucha entre planteamientos filosóficos y epistemológicos que caracterizaron a esta ciencia en el periodo de transición a que hemos hecho alusión, pues, hay que decirlo, en esta época la inclinación filosófica de los científicos tenía mucha mayor influencia que en la actualidad, debido a la forma en que estas personas eran educadas, especialmente en Alemania, pero también en otras latitudes (Holt, 1998: 164).⁸

En 1884, William Thomson (lord Kelvin) dictó una serie de conferencias en la Universidad Johns Hopkins en Baltimore que resumían la imagen mecánica del Universo. En una de ellas explicaba que la pregunta '¿entendemos o no un tema particular en física?' era equivalente a la pregunta '¿podemos construir un modelo mecánico de eso?' (citado en Thompson, 1976: 830). Otros, entre ellos Helmholtz y Poincaré, apuntaban a esa posibilidad de comprensión física haciendo referencia a la eventualidad de describir el fenómeno en términos de ecuaciones diferenciales, a manera de representación matemática de dicha concepción mecánica (Purrington, 1997: 21).⁹ Paralelamente a esta concepción mecánica, se extendió la tendencia a buscar explicaciones de todo nuevo fenómeno natural en términos de nuevas formas de materia, concepción que podemos caracterizar como 'materialismo' (Brush, 1994: 39). A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, se fue reforzando la idea de que la ciencia pronto proporcionaría una explicación mecánica de todos los fenómenos del Universo en términos del movimiento de las diferentes formas de materia. Los exponentes más connotados de esta visión del mundo físico fueron William Thomson, Ludwig Boltzmann y Heinrich Hertz. El componente filosófico de esta idea es lo que podemos caracterizar como 'realismo' (Brush, 1994: 56-57).

El tipo de expresiones 'neorrománticas' a que nos referimos en párrafos anteriores como movimiento cultural que surge a finales del siglo XIX, se manifestó contra este materialismo científico, como resultado de la insatisfacción que había crecido en torno a la física clásica. Este movimiento tuvo gran influencia en la interpretación filosófica de las nuevas corrientes de la física, como se puede observar en la energética,¹⁰ el

⁷ Por supuesto, Schorske (1981) se refiere aquí fundamentalmente a la obra de Sigmund Freud que trajo a la luz una preocupación por el problema de la conciencia y el papel del inconsciente (pp. 192-214). Se dice que el mismo Freud identificaba tres discontinuidades conceptuales que habían marcado el desarrollo del pensamiento occidental moderno y que habían producido sobresalto y angustia. La primera sería la visión de Copérnico de que la Tierra y, por lo tanto, el ser humano, no era el centro del Universo. La siguiente fue la de Darwin, quien despojó al hombre de su estatus privilegiado en la creación. Y por último, estaría su propio trabajo que mostró que el hombre ni siquiera es dueño de sí mismo, sino que depende y está dominado por el nivel inconsciente de su propia mente.

⁸ También habría que decir que la influencia de carácter filosófico raramente guía al científico de una manera abierta y consciente, pero que indudablemente está presente y operando a un nivel más sutil de lo que pueda parecer a primera vista (Purrington, 1997: 19-20).

⁹ A Poincaré, particularmente, le preocupaba que si prevalecía la discontinuidad cuántica introducida por Planck, entonces "los fenómenos físicos dejarían de obedecer a leyes que se expresan por ecuaciones diferenciales" (citado en Sánchez, 2001: 210). A *posteriori* sabemos que estaba equivocado, como lo demuestra la ecuación de Schrödinger, que es una ecuación diferencial donde la discontinuidad cuántica aparece a través de otros elementos de la teoría.

¹⁰ Siendo uno de sus principales representantes el químico W. Ostwald, la energética se desarrolló como una teoría que partía de la idea de que todo se reduce a flujos y transformaciones de las diferentes formas de energía. En términos generales, se la puede considerar como una generalización de la termodinámica, cuya pretensión era ofrecer una descripción fenomenológica unificada de todos los procesos físicos. Uno de los pioneros de la energética la consideraba como un conjunto de axiomas libre de la incertidumbre propia de las hipótesis sobre la naturaleza de la materia (Rankine, 1855).

empiriocriticismo¹¹ y el positivismo,¹² que jugaron un papel muy importante en el debate científico de finales del siglo XIX y principios del XX que, con toda seguridad, no pudieron ser ignoradas por todos los físicos inmersos en ese proceso de cambio. Esta influencia se extendió, incluso, de manera más decidida en la República de Weimar, ya avanzado el siglo XX, en la Alemania de entre guerras, convirtiéndose en verdadera fuerza cultural dominante.

Uno de los estudios más influyentes sobre el papel que juega el ambiente cultural en las elecciones de los físicos en torno a su propia disciplina es un ensayo (Forman, 1984) que trata sobre el abandono de la causalidad por parte de los científicos alemanes en la pos guerra (1918-1927). Su argumentación se divide en tres partes. En la primera de ellas intenta demostrar que el ambiente intelectual de Weimar era particularmente hostil hacia los físicos y especialmente hacia la causalidad. Enseguida, Forman intenta demostrar que hubo una 'adaptación' de los físicos y los matemáticos a ese ambiente intelectual; estos científicos alemanes habrían rearticulado su propia ideología para que fuera congruente con los nuevos valores de su sociedad. Por último, este investigador argumenta a favor de la existencia de un movimiento ampliamente difundido tendiente

a evadir la necesidad de la causalidad en física, afirmando que dicho movimiento no puede relacionarse con ningún desarrollo interno de la física y que por lo tanto se le debe atribuir a las influencias culturales externas.

Sin embargo, no todos están de acuerdo con estas conclusiones. John Hendry, por ejemplo, ha hecho uno de los análisis más completos de las tesis de Forman poniendo en duda algunos de sus argumentos (Hendry, 1980). Para empezar, Hendry considera que los ataques de que fueron objeto los físicos y los matemáticos fueron, en todo caso, ataques sobre el 'valor' de la física, más que sobre sus 'contenidos'; la física tenía que ser causal y lo que se criticaba era su valor social y cultural, o bien su utilidad inmediata en la Alemania devastada por la guerra. Por otro lado, Hendry opinaba, contrariamente a Forman, que si se fue gestando un amplio rechazo de la causalidad en física, no fue por razones externas a la disciplina, sino por razones internas a la misma, o al menos por razones más complejas que las indicadas por Forman, pues:

Quando se toman en cuenta también consideraciones internas, resulta inmediatamente claro que ningún conjunto de influencias –internas, sociales, filosóficas, psicológicas, etc.– se pueden tomar en forma independiente unas de otras, y que la reacción de cada físico a un problema dado estará determinada por un complejo de motivaciones, muchas de ellas inmunes a la objetivación histórica (Hendry, 1980: 317).

Sin embargo, aunque no se puede establecer una conexión directa entre los movimientos culturales y la innovación en física, es improbable que los físicos que vivieron en un mundo de gran efervescencia intelectual no fueran influenciados profundamente por sus tiempos. Seguramente, los grandes cambios conceptuales y epistemológicos en que se vio envuelta la física durante esa transición de siglo tuvieron que ver tanto con ese ambiente cultural como con las nuevas realidades o nuevos niveles de fenómenos físicos que los científicos tuvieron que afrontar, ya sea como una demanda directamente de su disciplina o también de las nuevas exigencias sociales. Muchos físicos no estuvieron preparados para una transformación conceptual total de su disciplina, pero contribuyeron críticamente a su construcción. Al final, es difícil decir en qué sentido estricto se abandonó la visión mecáni-

¹¹ El empiriocriticismo tuvo como uno de sus principales defensores a E. Mach. Esta corriente apareció como una crítica hacia toda hipótesis científica que no se obtuviera directamente de la observación o la experimentación y tenía que ver más con el método que con el contenido de las ciencias. Mach afirmaba, de una manera similar al filósofo George Berkeley (1685-1753), que dicha experiencia sólo se podía basar en las sensaciones. Por eso Mach siempre negó la realidad de los átomos e incluso de la misma materia, pues los verdaderos elementos del mundo serían los colores, los sonidos, las duraciones, los olores, los espacios y no las 'cosas'. Lo que imaginamos como mundo 'real' detrás de las apariencias y de las sensaciones sólo existe en nuestra mente (Brush, 1994: 61, 280). Esta corriente de pensamiento tiene un origen más filosófico como una *Crítica de la experiencia pura* (Avenarius, 1908).

¹² El término 'positivismo' puede llevar a confusión, pues se ha utilizado con diversos significados. Uno de ellos se refiere a la idea de que los métodos de la ciencia experimental pueden aplicarse a otras disciplinas como la sociología y la historia; en este sentido, el término hace clara referencia a la influencia de la ciencia en la cultura, marcando su huella como cosmovisión, método de conocimiento y fuerza civilizadora. Sin embargo, en términos más filosóficos, el positivismo aparece como opuesto al materialismo y se acerca al idealismo y al empirismo o empiriocriticismo, reclamando que el materialismo va más allá de los límites de la observación haciendo hipótesis sobre lo desconocido que no pueden llevar a ningún lado. Véase, por ejemplo, Mandelbaum (1980), Chant y Fauvel (1980: 6-18), Levinas (2001: 319-329). Los orígenes del positivismo como tal los encontramos en la primera mitad del siglo XIX (Comte, 1990).

ca del mundo. Los nuevos esfuerzos no llevaron a una aceptación total de puntos de vista como los que planteaba la energética o el empiriocriticismo, sino que, sin abandonar del todo las ideas mecánicas y haciendo malabares en torno a las hipótesis mecánicas sobre la interacción entre la materia y la radiación, se fue desprendiendo lo que después de una formalización matemática se convertiría en la nueva física, la física cuántica, a la que curiosamente, y parecería que casi de manera irónica, algunos llaman 'mecánica cuántica', lo que en algún sentido nos habla, al final, de una permanencia de la idea mecánica pero de una forma renovada.

Institucionalización y nuevos compromisos y objetivos de la física

En el apartado anterior explicamos sucintamente la relación entre el desarrollo de la física y su contexto cultural. Vimos claramente cómo se pueden establecer puentes entre la ciencia, o particularmente la física, y otras manifestaciones culturales como la filosofía, el arte, y otras preocupaciones humanas y sociales. De hecho, ver los diferentes esfuerzos intelectuales de manera aislada nos daría una visión distorsionada de la realidad de la época. Finalmente, la ciencia es parte del metabolismo cultural y los diferentes esfuerzos intelectuales se influyen mutuamente y en su dinámica conjunta dan por resultado una cierta cosmovisión. Por eso hemos sugerido hablar de la física como fuerza civilizadora importante. Sin embargo, la civilización no es sólo un conjunto de ideas o una visión del mundo, sino también la disposición y posibilidad de transformar ese mundo, y en este sentido la física, junto con la química, ya había venido jugando un papel importante en el siglo XIX y llegaría a ser aún más importante en el XX.

A finales del siglo XIX la física se empezaba a convertir, como ya lo venía haciendo la química tiempo antes, en una ciencia fuertemente asociada con la industria y el comercio, causando la admiración de propios y extraños por sus gran-

des logros (Jungnickel & McCormach, 1990: 2). Aunque Francia había conservado el liderazgo científico, sobre todo en el campo de la física, hasta ya bien avanzado el siglo XIX, lo perdió a lo largo de la segunda mitad de ese siglo, siendo superada por otras naciones, particularmente por Alemania,¹³ país que ostentó de manera indiscutible dicho liderazgo a finales del siglo XIX y principios del XX. Fue en este país principalmente donde, desde principios de los setenta, la física tuvo la capacidad para ofrecer conocimientos teóricos y prácticos en campos como la electricidad, la óptica y la termodinámica, que eran de suma importancia para la industria. El caso de la electricidad es especial y su relación con la institucionalización de la física obviamente no se limita a Alemania. En general, las muy diversas aplicaciones de la electricidad empezaron a ofrecer un gran servicio a la industria y a la sociedad desde antes de mediados del siglo, pero de manera mucho más espectacular durante la segunda mitad del mismo. La telegrafía, las ondas hertzianas, algunos sistemas de transportes, el alumbrado, el teléfono, el motor eléctrico, son tan sólo algunos ejemplos de la diversidad y el impacto de la ciencia en la sociedad del siglo XIX al provocar cambios profundos en el modo de vida y en la mentalidad de la gente; la ciencia y la tecnología se presentaban como algo sumamente poderoso.

Regresando al caso de Alemania, un ejemplo muy claro de la importante relación entre la ciencia y la industria fue la creación del Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Instituto Imperial de Física y Tecnología), que comenzó a operar en 1887, impulsado por el científico, inventor y empresario Werner Siemens (Sánchez, 1992: 40-43). El objetivo del Instituto era primordialmente fomentar la investigación físico-natural, una gran empresa que respondía a las necesidades de la época. En un principio el Instituto se dedicó primordialmente a problemas de metrología, tema de gran importancia para la industria por la necesidad de establecer estándares que favorecieran la importación.

A pesar de los objetivos aparentemente pragmáticos del Instituto, respondiendo a necesidades externas, es decir, a reclamos de la sociedad y de la industria, también llevó a cabo estudios que resultaron de gran importancia para la física fundamental, jugando un papel muy importante en la historia del cambio conceptual dentro de esta disciplina en torno a la figura del cuanto de energía en su relación con la radiación del cuerpo

¹³ Las razones de este cambio de liderazgo son múltiples. Sánchez (1992) señala que, entre otras posibles explicaciones, un papel importante lo jugó el centralismo administrativo francés, que era especialmente notorio en el sistema educativo superior, relegando a las provincias, que tardaron mucho en incorporarse de manera efectiva al desarrollo científico-tecnológico (pp. 22-24). Además, la investigación había tenido un papel muy reducido en las universidades francesas, en tanto que en Alemania ocurrió el fenómeno contrario.



Figura 1. Primer conferencia Solvay, Bruselas, 1911. Fuente: wikipedia.org/wiki/File:1911_solvay_conference.jpg

negro. Sólo mencionaremos aquí el punto culminante en este sentido, ocurrido en 1900, cuando los análisis de los físicos teóricos en torno a la radiación del cuerpo negro se encontraban en un callejón sin salida.¹⁴

Las mediciones, de gran precisión, obtenidas por Lummer y Pringsheim en este Instituto, apuntaban a que los últimos resultados teóricos al respecto, particularmente la Ley de Wien, no se verificaban experimentalmente; este resultado fue corroborado luego por Rubens y Kurlbaum. Los resultados experimentales fueron utilizados por Planck, quien llegó a formular la expresión correcta para la radiación del cuerpo negro utilizando la Ley de la entropía de Boltzmann e introduciendo el concepto del cuanto de energía que cambiaría radicalmente el rumbo de la física.¹⁵

Mencionábamos en apartados anteriores cómo a finales del siglo XIX prevalecía en la ciencia un enfoque mecanicista, y explicábamos, siguiendo las tesis de Paul Forman, cómo es posible argumentar que el ambiente intelectual de esa época fue desarrollando un sentimiento en contra de ese mecanicismo y materialismo imperantes y que, más adelante, ese estado de cosas produjo, consecuentemente, una adaptación de los físicos que los hizo encaminarse a abando-

nar el principio de causalidad. De manera similar, y como complemento de este tipo de explicaciones, es posible decir que las exigencias externas (de la sociedad, de la industria) en el sentido de proveer soluciones a problemas concretos, sin importar mucho si éstas se sujetaban a las viejas reglas, contribuyó a que se abandonaran los modelos físicos más visuales y se optara por nuevos instrumentos técnicos y conceptuales más flexibles, aunque eso significara un mayor grado de abstracción. Los nuevos objetos de estudio y la necesidad de un mayor poder de innovación técnica llevó a reconsiderar y a flexibilizar los métodos empleados y el repertorio conceptual de los físicos, quienes se dieron mayor libertad para la elección de hipótesis abriendo así el camino hacia la nueva física cuántica. Esta nueva física ya no tendría la tarea de dar una explicación y una imagen espacio-temporal de los fenómenos, sino sólo de correlacionar por medio de una formalización matemática los resultados experimentales.

CONCLUSIONES

Las novedades que se introdujeron en la física a finales del siglo XIX, pero más aún las del nuevo siglo, sólo se pueden entender integralmente haciendo referencia a las necesidades internas de la disciplina, y también al conjunto de situaciones culturales, sociales y económicas prevalecientes que, en cierta medida, condicionan las elecciones que los científicos van tomando en relación con la forma más conveniente de hacer avanzar su disciplina. Si bien es cierto que no se pueden establecer conexiones directas entre los movimientos culturales e intelectuales y las innovacio-

¹⁴ El Instituto Imperial de Física y Tecnología se involucró en el tema precisamente porque el grupo de óptica de la sección científica se encontraba buscando un estándar para la intensidad luminosa y las bases científicas para el estudio de los efectos de la radiación (Jungnickel y McCormach, 1990: 256).

¹⁵ Para mayores detalles de esta historia, véase Sánchez (1992: 41-43).

nes en física, también resulta innegable que no podemos entender a un Einstein al margen del devenir de sus tiempos. Las notables innovaciones teóricas de la física que se desarrollan a principios del siglo XX no pueden ser comprendidas a cabalidad si se les separa de su contexto intelectual, de los grandes debates que surgían sobre

la concepción del mundo. Es posible hacer una historia cultural de la física, como de cualquier otra disciplina científica. Sin embargo, este reconocimiento debe de hacerse en su justa medida y mostrar la interconexión de fuerzas internas y externas en el desarrollo de la misma.

LITERATURA CITADA

- AVENARIUS, R., *Kritik der reinen erfahrung*. Leipzig: O. R. Reiland, 1908.
- BECQUEREL, H., Emission de radiations nouvelles par l'uranium métallique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 122: 1086-1088, 1896.
- BRUSH, S., *The kind of motion we call heat*. Amsterdam: North Holland-Personal Library, 1994.
- CHANT, C.; FAUVEL, J. (eds). *Darwin to Einstein: Historical Studies on Science and Belief*. Nueva York: Longman Inc., 1980.
- COMTE, A., *La filosofía positiva*. México: Editorial Porrúa, 1990.
- FERREIROS, J.; ORDÓÑEZ, J., Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica*, 34(102): 47-86, 2002.
- FORMAN, P., *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica, 1918-1927*. Madrid: Alianza Universidad, 1984.
- HARMAN, P., *Energía, fuerza y materia: el desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Madrid: Alianza Editorial, 1990.
- HENDRY, J., Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918-1927. En: Chant, C.; Fauvel, J. (eds.), *Darwin to Einstein: Historical Studies on Science and Belief*. New York: Longman Inc., pp. 303-326, 1980.
- HOLTON, G., *The advancement of science, and its burdens*. Cambridge: Harvard University Press, 1998.
- HUGHES, S., *Consciousness and Society*. New York: Vintage Books (A Division of Random House), 1977.
- JUNGnickel, C.; MCCOMMACH, R., *Intellectual Mastery of Nature*. Vol. II: The Now Mighty Theoretical Physics 1870-1925. Chicago: The University of Chicago Press, 1990.
- LEVINAS, M., *Filosofía y ciencias de la naturaleza en el siglo XIX*. En: Villacañas, J. (ed.), *La filosofía del siglo XIX*. Madrid: Trotta, pp. 303-336, 2001.
- LINDLEY, D., *Degrees Kelvin: a tale of genius, invention and tragedy*. Washington: Joseph Henry Press, 2001.
- MANDELBUAM, M., Philosophic Movements in the Nineteenth Century. En: Chant, C.; Fauvel, J. (eds.), *Darwin to Einstein: Historical Studies on Science and Belief*. New York: Longman Inc., pp. 2-44, 1980.
- PAIS, A., *Niels Bohr's Times, in physics, philosophy, and polity*. New York: Oxford University Press, 1991.
- PURRINGTON, R., *Physics in the Nineteenth Century*. London: Rutgers University Press, 1997.
- RANKINE, W., Outlines of the science of energetic. *Proceedings of the Royal Philosophical Society of Glasgow*, 3: 121-141, 1855.
- RÖNTGEN, W.C., Über eine neue Art von Strahlen. *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg*, 9: 132-141, 1895.
- SÁNCHEZ RON, J., *El Poder de la Ciencia: historia socio-económica de la física (siglo XX)*. Madrid: Alianza Editorial, 1992.
- SÁNCHEZ RON, J., *Historia de la Física Cuántica*. Barcelona: Editorial Crítica, 2001.
- SCHORSKE, C., *Viena Fin-de-Siècle: Política y Cultura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A, 1981.
- Sklar, L., *Physics and Chance: Philosophical Issues in the Foundations of Statistical Mechanics*. London: Cambridge University Press, 1993.
- THOMPSON, S.P., *The life of Lord Kelvin*. New York: AMS Chelsea Publishing, 1976.
- THOMSON, J.J., Chatode rays. *Philosophical Magazine*, 44: 293-316, 1897.