

Historia y física¹

Roger H. Stuewer, University of Minnesota, USA.

Introducción

Los físicos siempre han apreciado su historia. Las bibliotecas están llenas de libros sobre la historia de la física escritas por los físicos, desde los estudios críticos históricos de Ernst Mach sobre la mecánica, la teoría del calor y de la óptica física², hasta la historia de la materia y de las fuerzas de Abraham Pais (Pais, 1986), sin olvidar mencionar la biografía de Max Dresden sobre H.A. Kramers (Dresden, 1987) y las otras numerosas biografías y autobiografías escritas por los físicos³. Los artículos en las revistas y los capítulos de los libros, las noticias necrológicas de los Miembros de la “Sociedad Real” de los miembros de la Academia Nacional de las Ciencias se agregan al vasto cuerpo de la literatura escrita por los físicos. El atractivo es grande; los físicos continúan contribuyendo a la literatura histórica en un alto grado, a un número importante de historiadores de la física comenzando su carrera como físicos.

Los físicos han animado así los estudios históricos hechos por los otros. Dentro de ciertos casos, los historiadores de la física no pueden encontrar un lugar de trabajo dentro de las universidades¹ sin el apoyo, a la vez intelectual y financiero, de los físicos. El centro del Instituto Americano de Física para la historia de la Física ha sido constituido por los físicos interesados por la conservación y el estudio de su patrimonio intelectual, y los proyectos del Centro de física nuclear, de astrofísica y de física del estado sólido, así como los proyectos más antiguos desde los Orígenes de la Historia de la Física Cuántica no podrían tener éxito sin la vinculación completa y el apoyo de la comunidad física. En las secciones consagradas a la historia de la física que ha sido creada en el seno de la Sociedad Americana de física (American Physical Society) y la Sociedad Europea de física (European Physical Society) Manifiestamente, la historia de la física continúa a tocar una cuerda particularmente sensible en casa de los físicos.

La principal fuerza atractiva es indiscutiblemente el aliciente intelectual de la historia de la física. Todo físico que ha escrito un artículo de síntesis o que, haciendo de la documentación dentro de una buena biblioteca, cae por azar en un artículo o en un libro marcado o escrito por un físico de una época anterior conoce la sensación de un descubrimiento histórico, experimenta el deseo de aprender más sobre la vida y la época de su autor. El vínculo con el pasado lo empuja lejos de la imagen estereotipada del científico limitado, confinado dentro de su laboratorio, de numerosos físicos, puede ser la mayoría, tienen un gran espíritu, y tradicionalmente se interesan en la historia de su propia disciplina.

¹ Esta es una versión revisada de un papel de trabajo presentado primeramente en una conferencia en Bielefeld, Alemania, y publicado en (Misgeld & al., 1994, 41-68).

² Las ediciones que ya se tienen son (Mach, 1896, 1908, 1921, 1925, 1942).

³ Ver por ejemplo la biografía (Heilbron y Wheaton, 1981).

Esto no es por tanto una sorpresa si los físicos han sido cálidos partidarios de la idea de introducir la historia de la física dentro de los cursos de física. Algunos han ido más lejos dentro de sus convicciones escribiendo los manuales escolares desde un punto de vista histórico⁴. Otros han ayudado a organizar las conferencias sobre el rol de la historia dentro de la enseñanza de la física⁵.

Otros aún – la gran mayoría – han encontrado los medios de utilizar la historia de la física dentro de sus cursos de física para fines pedagógicos. En 1948, desde un reencuentro de la Sociedad de Historia de las Ciencias, P.W.W. Bridgman explicó así su punto de vista:

Me parece que en lo que concierne a la ciencia una de las cosas más importantes a tomar en cuenta es que se trata de una actividad humana y que esto no puede significar la actividad de los individuos... Si la ciencia ha enseñado incorporando la historia, este punto de vista será automáticamente importante. Siendo así, es un objetivo que se hace cada vez más importante completar en nuestros días, conocer la apreciación adecuada de las condiciones fundamentales dentro de las cuales se desarrolla la ciencia.

(Bridgman, 1950, 66-67; 1955, 346-347)

El historiador, dice Bridgman, sería obligado a mostrar que el desarrollo científico sigue raramente un curso puramente lógico, y entonces agrega lo siguiente:

La idea que el progreso de la ciencia es siempre ilógica puede ser más importante para el mismo científico que para el profano, y constituye una de las razones por las cuales el científico es vinculado a su historia. Esto sugiere que puede ser que la historia de las ciencias rinda en principio servicio al científico...

El interés que el científico tuvo ya para la historia, debe haberle permitido descubrir el progreso ilógico de la ciencia con los errores del pasado y las etapas reconstituidas. (Ibid., 70; 354 – 355)

Bridgman no fue el único en ver el valor de la historia de las ciencias. En 1936, Lord Raileygh lamentó la falta de perspectiva histórica desde que las memorias originales se transformaron en manuales escolares, ocultando las personalidades y las vidas de sus creadores (Rayleigh, 1936, 217). Estudiar las memorias originales de los grandes científicos conlleva igualmente a otras ventajas. En 1971, Peter Kapitza señaló que esto ayudaba a un grupo responsable a aprender cómo “evaluar el potencial creativo de la juventud” (Kapitza, 1980, 275) noventa años antes, Arthur Schuster estimaba que eso permitía descubrir “una pequeña luz profética de una teoría moderna” estimulando así al investigador y haciéndole comprender la lección que la aceptación de una teoría depende tanto de su audiencia como de su creador (Schuster, 1881, 20). “El joven que comienza su vida con la idea de hacerse un

⁴ Me llegan al espíritu dos manuales bien conocidos que son (Taylor, 1941) y (Holton, 1952 1973). Para una lista mas completa, ver por ejemplo (Brush, 1972, Parte I, 64-65). El profesor Holton reflexionó sobre su experiencia de enseñanza en (Holton, 1971).

⁵ Los actos de ciertas conferencias que habían sido organizados durante los últimos 25 años son (Brush & King, 1972), (Bevilacqua & Kennedy, 1983), (Thomsen, 1986), (Blondel & Brouzeng, 1988), (Herget, 1989), y (Misdgeld & otros., 1994). Otra conferencia ha sido tenue en el primer encuentro de History of Physics Group of the European Physical Society, St. John's College, Cambridge, August 28-30, 1990.

nombre como un descubridor científico”, escribe Schuster, “es como una niñita de “Punch” que quería llegar a ser una belleza profesional. Ellos pueden lograrlo, pero dentro de ese caso, eso dependerá tanto de la disposición de sus contemporáneos en su consideración que de ellos mismos” (*Ibid*, 23).

Los alumnos debían así aprender una cierta dosis de humildad: “cada época”, remarcó Poincaré, “ha convertido en burla a la precedente, y la ha acusado de haber generalizado muy rápido y muy ingenuamente... sin duda alguna, nuestros hijos se burlarán de nosotros un día”. (Poincaré, 1946, 127). Para mí, personalmente, dijo Anthony P. French quien ha recibido recientemente la medalla Oersted de la asociación Americana de profesores de física (American Association of Physics Teachers), “una de las razones más importantes para incluir la historia dentro de un curso de física es fundamentalmente esa de hacer apreciar a los alumnos que la física tiene una historia... Podemos transmitir la sensación que la física es un sujeto vivo, que se desarrolla y que ella es el producto de los esfuerzos acumulados de humanos como nosotros mismos al igual que si ellos son generalmente más dotados! (French, 1989, 588). Louis de Broglie, probablemente lo resumió mejor desde que él escribió que <una educación bien cumplida estaría incompleta sin la historia de las ciencias y de las realizaciones científicas [a encontrar mejor que realización]> (citado por Seeger, 1964, 621).

Se trata de testimonios elocuentes y esos últimos podrían ser multiplicados⁶. Es más un observador objetivo sería, pienso yo, de acuerdo con la evaluación más o menos cuadrada de Max Jammer:

La mayor parte de los profesores de física en todos los niveles de enseñanza reconocen plenamente las ventajas de incluir la historia de la física, dentro de su enseñanza, pero de hecho desde que ellos enseñan, ellos manifiestan una fuerte inclinación anti-histórica y así sus comportamientos desmienten sus convicciones declaradas (Jammer, 1972).

Somos confrontados con alguna cosa que parece una paradoja: de un lado, existe un pacto intelectual natural entre los físicos y los historiadores de la física en vista del mejoramiento de la enseñanza de la física que parece de manera sorprendentemente débil contrariamente a lo que ellos imaginan. Voy a tratar de analizar aquí esta paradoja, dentro del espíritu con lo que Niels Bohr se debatió con las paradojas en física, pensando que a través de su análisis, el progreso sería posible. Y todo como Bohr encontró la solución de ciertas paradojas en el seno de su principio de complementariedad, se indicará igualmente que el mismo principio puede ser utilizado como guía para la comprensión del comportamiento paradójico de los físicos y de los historiadores de la física.

El punto de vista del físico

Los físicos que enseñan en nuestros días en las universidades no han estado jamás bajo presión. Independiente de las exigencias de la investigación, las presiones para mejorar la enseñanza de la física han aumentado en estos

⁶ Ver por ejemplo ciertas declaraciones relatadas por el prof. French en (French, 1989) así como en (Kondo, 1955).

últimos años. Cada vez más las personas jóvenes, y muy particularmente las mujeres jóvenes y las minorías, deben estar atraídas por una carrera en física. En parte para ganar este juego, han habido esfuerzos substanciales en los Estados Unidos bajo los auspicios de la asociación Americana de profesores de física (American Association of Physics Teachers) con el fin de reexaminar los cursos de introducción de la física (calculus based introductory physics course). Desde mi punto de vista, en tanto que historiador de la física, la característica más importante de todo ese esfuerzo ha sido la ignorancia total de la historia de la física. La historia de la física entra solamente en juego como ella siempre lo ha hecho por el pasado, a saber de manera anecdótica. El mensaje parece claro, concibiendo un recurso de física, las consideraciones lógicas y no históricas son dominantes⁷.

Podría ser difícilmente de otro modo. La física pone el acento sobre los problemas, desde el nivel más elemental hasta la investigación, y desde que se investiga la solución a un problema particular, el novato pasando un examen sabe igualmente que un físico experimentado en investigación que la lógica debería ser la que pague y no la historia. Simplemente no se tiene ningún substituto en el análisis lógico. El profesor Ian Stuart comparó un problema de investigación con una fortaleza rodeada de armas defensivas de todos los tipos, y ha sugerido que es el investigador quien debe determinar lógicamente cuál es el mejor medio para atacarla, puede ser tocando sus fundaciones y su punto de vista débil, arrastrando sus defensores sobre los terrenos no familiares, o utilizando todas las armas disponibles dentro de un asalto de alta envergadura⁸.

El último objetivo es el de progresar dentro de la comprensión del universo físico y simplificándola para que ella haga un llamado al menor número posible de leyes físicas. La búsqueda del físico, en otras palabras es aquella de la simplicidad. Martín J. Klein lo explica así:

Esto es, pienso yo, la característica del físico de querer ir a la esencia misma del fenómeno y de eliminar todos los factores que compliquen las cosas y ver también claramente y directamente que él puede simplemente eso que realmente está en juego. Es por eso que hacemos caso de los modelos conceptuales... (Klein, 1972, 16).

Las palabras de orden del físico son lógica y simplicidad.

El punto de vista del historiador

La tarea del historiador es muy diferente. Dentro de la metáfora militar descrita más adelante, el trabajo del historiador es el de pasar revista al campo de batalla, examinando de manera selectiva los cuerpos caídos para tratar de reconstruir la batalla que se ha desarrollado. Lo que queda – las fuentes del historiador – comprende las publicaciones: los libros y los artículos así como las correspondencias, los cuadernos de apuntes y los periódicos que no han sido publicados – todo eso puede ser encontrado después del evento. En todo caso esos documentos revelan no solamente el vencimiento sino también las

⁷ Para una discusión de los métodos <lógico> e <histórico> ver (Brush, 1969); ver también (Brush, 1974).

⁸ Discusión privada cuando visitamos a los profesores del Instituto para Theoretical Physics de la Universidad de Viena, Abril 1989.

numerosas escaramuzas, los progresos ilógicos de la batalla , como Brigdman podía decirlo. Hermann Von Helmholtz, quien fue muchas veces vencedor, propuso otra analogía:

Yo debo compararme a un alpinista, quien sin conocer el camino sube cuidadosa y laboriosamente, debe frecuentemente hacer un sem. circulo porque no puede ir más lejos, descubre las nuevas huellas, a veces para la reflexión, de vez en cuando por el azar, quien lo conduce además un poco más lejos y en fin toca su objetivo, encuentra en su pena una Vía Real sobre la cual había podido viajar, si él había sido más o menos malo para encontrar el buen punto de partida. (Helmholtz, 1892, 54).

La conquista de la cima es visible para todos, pero los errores de caminos y los recodos al filo de los caminos no lo son y descubrirlos es el centro de la actividad de la historia. “Yo veo el principal objetivo de los estudios históricos” escribía Otto Neugebaner, En la revelación de la riqueza prodigiosa de los fenómenos para cada uno de los períodos de la historia humana, contrabalanceando así la tendencia natural de la simplificación excesiva y la ignorancia filosófica”. (citado en Klein, 1972, 16-17). Las palabras de orden del historiador son la ilógica y la complejidad.

Complementariedad

En su investigación, el físico y el historiador tienen objetivos muy diferentes, utilizan las fuerzas muy diferentes, emplean las herramientas analíticas muy diferentes, y son guiados por principios muy diferentes cuando ellos buscan soluciones a sus problemas. Para cada uno de estos puntos, la investigación en las dos disciplinas parece complementaria, casi mutualmente exclusiva, como las ondas y las partículas⁹. Un especialista no puede estar reprimido por la lógica de esforzarse en buscar la simplicidad, y al mismo tiempo, poner todo el peso en la forma ilógica de hacer lo posible por representar la complejidad. Las competencias que si son esenciales en la investigación de la física no pueden descansar sobre la producción de una imagen histórica precisa.

La naturaleza complementaria de la investigación en física y en historia nos permite comprender por qué los resultados son frecuentemente muy diferentes desde que los físicos y los historiadores escriben la historia. Los físicos tienen la tendencia de seguir la Vía Real del pie de la montaña en su cima – el camino más o menos lineal entre el evento histórico y otro visto retrospectivamente. A mi parecer, una cierta historia, algunas veces llamada en forma peyorativa “historia Whiggish”¹⁰ⁱⁱ , no tiene de ninguna manera menos valor; ella es frecuentemente, por ejemplo, una guía útil para la identificación de los éxitos de importancia crucial fuera de un desarrollo particular. Igualmente, pocas

⁹ En 1972, Martín J; Klein respondió a las observaciones de Max Jammer en esos términos: <Yo reconozco que los métodos de los científicos y de los historiadores son completamente diferentes, pero no estoy seguro que esto haya creado una brecha que debe ser colmado; yo no veo conflicto entre ellas. En la terminología de Bohr, se trata de puntos de vista complementarios>? (Klein, 1972, 25). Evidentemente, estoy completamente de acuerdo.

¹⁰ Tomado del ensayo célebre (Butterfield, 1973 [1931]).

personas rechazan admitir que una historia tal es inadecuada – no sigue las falsas huellas, una imagen histórica equivocada emerge. Descubrirlos exige el valor de internalizar las competencias históricas, y una voluntad de consagrar el tiempo necesario para localizarlo y analizar todas las pruebas documentales disponibles, incluyendo las no publicadas. Esas cualidades no son muy frecuentes entre los especialistas, quienes se consideran con frecuencia esencialmente científicos. Como el químico orgánico y laureado premio Nobel, Richard M. Willstätter, señaló una vez, <yo constaté que mis parecidos científicos, que determinan concienzudamente los puntos de fusión de la mitad de grado cercano, aplican un criterio menos riguroso en sus escritos históricos> (Willstätter, 1965, 181¹¹). Comprendiendo que los historiadores no son infalibles; pudiendo cometer errores científicos o históricos; pueden igualmente ser inducidos a error si no disponen suficientemente de intuición científica para distinguir un buen de un mal trabajo.

La tendencia de los físicos de escribir una historia lineal – que sigue sus competencias lógicas - tiene ciertas consecuencias. Una es que se confinan generalmente en la historia de las ideas teóricas o en las de los desarrollos experimentales – “la historia interna” dentro de la jerga de los historiadores. Los físicos frecuentemente discuten las cuestiones sociales o “externas” en privado pero ellos dudan en discutir esas cuestiones en público o por escrito. Un sentimiento esparcido entre los físicos parece ser las influencias sociales sobre la física, sean institucionales, económicas o políticas, tendientes a afectar desfavorablemente su calidad. En consecuencia, menos se dice, mejor es.

Las reglas de la comunidad de los físicos que se imponen a los mismos son más rigurosas cuando se trata de cuestiones personales. Se piensa que la mayor parte de los físicos reconocen, que su vida personal puede influir en su investigación, al igual si es difícil de decir precisamente cómo y por qué. Abraham Pais recuerda por ejemplo que Hermann Weyl señaló en una oportunidad que Schrödinger “hizo un inmenso trabajo durante un desborde erótico tardío de su vida” (Pais, 1986, 252). Sabemos hora lo que Weyl quiso decir a partir de la biografía reveladora de Schrödinger escrita por Walter Moore (Moore, 1989). Pero la mayor parte de los físicos, si bien están dispuestos a discutir cuestiones parecidas en privado, las discuten raramente en público o por escrito, más aún si la persona está muerta desde hace muchos años. Una excepción faltante es la valiente biografía de H.A. Kramer escrita por Max Dresden (Dresden, 1987). En general el hecho que la física es una disciplina fuertemente jerárquica en el seno de la cual un físico sabe suficientemente la posición ocupada por otro (todo esto en tanto que el objeto de una gran admiración, misma llena de miedo), es difícil para un físico escribir sinceramente sobre otro, es más fácil hacer énfasis en los resultados científicos objetivos y minimizar los factores personales subjetivos, igual fuera de la escritura de las biografías o de las noticias necrológicas. Los asuntos personales son resentidos como siendo no pertinentes al mejor y como de mal gusto al peor, el resultado neto dentro de los dos casos siendo que ellos no son

¹¹ Dentro de un estilo similar, Richard J. Weiss señaló que desde que había bifurcado su vida de físico algunos años antes, de la física versus los placeres de la escritura él se <dio cuenta que los científicos hacían de mezquinos históricos. Tienen tendencia a centrarse más sobre sus propias realizaciones científicas y menos sobre los objetos de estudio de los historiadores (que portan sobre como las interacciones entre las personas y las ideas pasan en la historia>. (Weiss, 1987, 29).

discutidos por escrito. I.I. Rabi señaló bromeando que antes de la segunda guerra mundial, él tenía el hábito de decir a sus amigos y a sus alumnos que

La historia de la vida de un físico era muy simple. Él nacía, devenía de cierta manera interesado por la física...; escribe su tesis y obtiene su doctorado; muere. El resto y la parte esencial de su biografía puede ser leída solamente en las revistas científicas... (Rabi, 1960, 1-2)

Los físicos utilizaban habitualmente la historia de la física de dos formas. En el caso de la primera, se encuentran ciertos autores de manuales escolares que incluyen las introducciones o los capítulos históricos, siendo dada la intención al lector, habitualmente un estudiante, una cierta idea de trabajo realizada sobre el sujeto en cuestión, esto permite introducir ese sujeto y estimular el interés¹². En el segundo caso, se encuentran los físicos quienes, desde que ellos dan un curso, cuentan frecuentemente anécdotas, por ejemplo sobre los físicos cuyo nombre ha sido dado en una ecuación o un efecto. La cuestión fundamental – en la cual yo volveré seguidamente- es si esas utilizaciones de la historia por los físicos le hacen más mal que bien.

La Historia en la enseñanza de la física

Según los resultados recientes en los Estados Unidos, sobre unos 3 000 000 alumnos de la escuela secundaria por año, solamente un quincuagésimo (623 000) sigue un curso de física y menos del décimo (275 000) continúan escogiendo un curso de física al inicio de sus estudios universitarios. A partir de eso la disminución es realmente sorprendente: de ese décimo o de esos 275 000 alumnos, menos del dos por ciento es decir solamente 5 300 continúan para obtener una licenciatura de física, y nada más que el 0,04 por ciento prosiguen sus estudios hasta el doctorado de física (Neutschatz, 1989,35 [Figura 5]). Dicho de otra manera, solamente el 0,04 por ciento de los alumnos de la escuela secundaria en los Estados Unidos adquieren a fin de cuentas una experiencia de primera mano en la investigación en física a nivel doctoral. Un porcentaje verdaderamente aplastante de 99,96 por ciento de alumnos de la escuela secundaria obtienen su diploma cada año en los Estados Unidos, y en consecuencia casi la totalidad de los ciudadanos de un país – al igual que los ciudadanos cultivados, como los hombres de ley, los políticos y los hombres de negocios – no tienen ningún conocimiento directo de la física a nivel creativo, ese de la investigación. Ese estado de hecho tiene enormes implicaciones para el bienestar futuro de la nación y para la continuidad del apoyo dado a la física. Sin embargo limitamos la discusión a la imagen de la física y de los físicos que es adquirida cada año por los 275 000 alumnos que siguen el curso introductorio en físicaⁱⁱⁱ pero que para la mayor parte no continúa sus estudios con la visión de devenir físicos profesionales.

Una parte de esta imagen está formada por la historia de la física que estos alumnos han aprendido, esta es mi principal preocupación. A la vez los

¹² Uno de los ejemplos más conocidos es (Richmyer, 1928) y sus ediciones ulteriores escritas con coautores variados.

manuales escolares y los docentes tratan típicamente la historia de la física de la forma lineal descrita anteriormente – un desarrollo que va más o menos directamente de un punto culminante teórico o experimental a otro, asociados a ciertos grandes nombres del pasado. Una historia tal lineal transmite implícitamente dos mensajes a los alumnos. Primeramente, sugiere que la física progresá de manera casi programada; arrancar la máquina no importa cuando, y dentro de un futuro próximo, eso producirá un nuevo descubrimiento; nada puede detener o entrever eso. Enseguida, una historia lineal sugiere que los físicos son gentes –principalmente de los hombres blancos, por supuesto – siendo las capacidades intelectuales sobrehumanas; la física no es una disciplina para los mortales ordinarios, tales como los jóvenes estudiantes inexpertos¹³. Esos dos mensajes se combinan para formar un tercero: los físicos, esos seres sobrehumanos, pueden hacer no importa cual descubrimiento – deles simplemente un poco de dinero, indíquoles un objeto, y en poco tiempo ellos harán espía. Es esa percepción del público al menos en los Estados Unidos, no totalmente alejado de la realidad, que puede ser deducida de la rapidez con la cual sus ciudadanos, desde el presidente hasta el ciudadano ordinario, han sido cautivados por ese fantasma futurista de la iniciativa de defensa estratégica (Strategic Defense Initiative) , o de la guerra de las galaxias (Stars Wars).

Yo me precipito a agregar que esta historia enseñada linealmente dentro de los cursos introductorios de la física no fueron probablemente el factor contribuyente en la guerra de las galaxias (Star Wars).

Al menos, tal historia contribuye verdaderamente a la percepción para el público de la física y para los físicos. Ciertamente sería más sano si el público tuviera una imagen más exacta de la naturaleza del descubrimiento científico, como es resumido por ejemplo por el químico – físico Frederick Soddy:

...Podemos animar de manera general el descubrimiento de los nuevos conocimientos... usted no puede exigir el descubrimiento de un nuevo conocimiento en particular. La actitud del hombre de ciencia no es aquella del tecnólogo o del ingeniero. Se acerca a las tierras desconocidas, no para descubrir algo definitivo, alguna cosa de cierta utilidad para cualquier persona, sino para descubrir eso que hay que descubrir dentro de lo desconocido. Mientras más grande es el descubrimiento, más frecuentemente aparece trivial y absolutamente inútil al primer vistazo. (Soddy, 1920, 55)

Otra de las ventajas puede igualmente fluir en otra pintura histórica precisa de la física y de los físicos. Daremos algunos ejemplos de los que tengo en el espíritu. Primeramente, consideremos la hipótesis de Albert Einstein sobre los quanta de luz y las principales experiencias que la confortan, la experiencia de Robert A. Millikan sobre el efecto fotoeléctrico, y las experiencias de Arthur Holly Compton sobre la difusión de los rayos X. El discurso dado dentro de los manuales escolares y los cursos clásicos es el que Albert Einstein propuso su hipótesis sobre el quantum de luz en 1905 como una explicación del efecto fotoeléctrico, que las experiencias de Millikan en 1915 han provisto la primera

¹³ Desde que él fue director del “American Institute of Physics”, Kenneth W. Ford indicó los efectos negativos ligados al hecho que los alumnos entiendan decir que la física es un sujeto excepcionalmente difícil (Ford, 1989).

prueba de la hipótesis de Einstein y que las experiencias de Compton en 1922 lo han establecido indudablemente. La linearidad del destello de este discurso son claras: el físico más grande del siglo veinte propuso audazmente una interpretación de un resultado experimental inexplicable, diez años después, un investigador extraordinario confirmó la predicción, y además, siete años más tarde, otro extraordinario investigador colocó la cereza en el pastel. No hay más lugar en esta historia para los mortales ordinarios o los errores.

Un recuento histórico preciso presentaría una imagen relativamente diferente¹⁴. Einstein no volvió a su hipótesis sobre los quanta de luz en 1905 en respuesta a un enigma experimental, sino a partir de consideraciones teóricas fundamentadas sobre la interpretación estadística de la segunda ley de la termodinámica; el efecto fotoeléctrico fue solamente una de las tres experiencias posibles que prometían una confirmación. Cerca de 1915, en la continuación de una larga serie de experiencias de Millikan y sus alumnos finalmente confirmaron la relación lineal predicha entre la frecuencia de la radiación incidente y el máximo de energía de los fotoelectrones expulsados. Toda vez, Millikan había rechazado categóricamente la hipótesis de los quanta de luz de Einstein como interpretación de sus experiencias – en despecho de sus propias palabras diciendo lo contrario dentro de una autobiografía autoglorificante ulterior (Millikan, 1950, 101-102). Compton, de hecho, comenzó su carrera post doctoral en 1916, dentro de una atmósfera de escepticismo casi universal hacia la hipótesis de los quanta de luz de Einstein. Su combate durante los siete años siguientes se edificó parcialmente sobre los trabajos de las personas muy conocidas como C.G Barkla pero también en parte sobre aquellas gentes menos conocidas tales como D.C.H. Florance y J.A. Gray. Seguidamente las propias experiencias de Compton sobre la difusión de los rayos X progresaban, había excluido una interpretación después de otra , interpretó mal sus dones experimentales, los leyó como correctos, y luchó generalmente solo a tal punto que el nombre de Einstein no aparecía una sola vez en los artículos publicados por Compton . Es más, finalmente, Compton casi hizo doblar la velocidad de su descubrimiento por Peter Debye, quien al contrario estuvo directamente influenciado por su conocimiento de la hipótesis de Einstein sobre los quanta de luz.

Percibiendo esta historia en lugar de una narración tradicional, los estudiantes deberían tener una impresión más o menos diferente de la física y de los físicos. En primer lugar, ellos aprendieron que la relación entre teoría y práctica en física está lejos de ser simple y que ella depende de circunstancias históricas particulares en un momento dado. Ellos verían la física como una búsqueda abierta del conocimiento, una lección sobre la cual ha insistido Yehuda Elkana (Elkana, 1970, 32). <Un gran descubrimiento>, decía J.J. Thomson, <no es un término, pero una avenida conduciendo a regiones hasta el presente desconocidas> (citado en Rayleigh, 1942, 264). En segundo lugar, los estudiantes verían que al igual que un físico experimentador tan importante como Millikan pudo haberse equivocado en sus ideas teóricas – y puede enseguida tratar de encubrir su error más tarde en su vida presentando una narración manifiestamente errónea de su autobiografía. En tercer lugar, los alumnos aprendían que el progreso en física dependía de un gran número de

¹⁴ El discurso que sigue es más especialmente fundado sobre (Klein, 1963) y (Stuewer, 1975).

personas, y no solamente los gigantes de una época particular. En cuarto lugar, ellos verían que el mismo Compton uno de los más grandes experimentadores de este siglo, puede mal interpretar sus dones experimentales y puede proponer interpretaciones teóricas incorrectas – un darse cuenta que viene como un gran alivio para los estudiantes una vez que yo lesuento esta historia. Finalmente los alumnos serían llevados a comprender que la investigación en física es altamente competitiva, y en consecuencia que los descubrimientos simultáneos no son tan habituales y no implican, por ejemplo un comportamiento inmoral tal como la plagiaba.

Este ejemplo trata ampliamente la historia “interna” de la física; una segunda historia, implicando una controversia intensa entre investigadores de Cambridge y de Viena durante los años veinte y concerniendo la desintegración artificial de los elementos, introdujo factores psicológicos e institucionales¹⁵. Por ejemplo, no existe un relato tradicional dentro de los manuales o los cursos; en lugar, está el simple enunciado que Ernest Rutherford en 1919 (justo antes de dejar Manchester por Cambridge para suceder a J.J. Thomson en tanto que “Cavendish” Profesor de Física Experimental bombardeó el azote con las partículas alfas, produciendo un isótopo del oxígeno de un protón, probando así por primera vez que él había desintegrado artificialmente el núcleo del azote. Desde un punto de vista histórico, este enunciado representa más o menos una comprensión remarcable de eventos, eliminando enteramente ceca de diez años de historia que ofrecen un resumen importando la naturaleza de la actividad científica.

En primer lugar, Rutherford no creyó que en 1919 había producido un isótopo del oxígeno: de hecho, él creía que la partícula alfa incidente tocaba y expulsaba un protón girando como un satélite dentro de un núcleo de azote, dejando detrás un isótopo de carbono. Este modelo del satélite guió las investigaciones de Rutherford y de James Chadwick durante casi todos los años veinte al laboratorio “Cavendish”. Toda vez, las experiencias de Rutherford y Chadwick así que el modelo del satélite de Rutherford han sido atacadas vigorosamente por dos físicos trabajando en el Instituto für Radiumforschung de Viena, Hans Pettersson y Gérard Kirsch.

Pettersson y Kirsch concluyeron de sus propias experiencias que las partículas alfas no solamente eran capaces de desintegrar ciertas partículas ligeras, como Rutherford y Chadwick lo pensaban, sino que podían desintegrarlas todas. Es más, en lugar de expulsar los protones satélites, han sostenido que la partícula alfa incidente provocaba una explosión en el seno del núcleo liberando así los protones. Esta controversia – que enfrentó a los investigadores de los dos laboratorios más importantes– fue resuelta a finales de 1927 cuando Chadwick visitó Viena y descubrió que Pettersson y Kirsch habían sutilmente influenciado a sus asistentes que estaban tratando de observar los centelleos producidas por los protones de desintegraciones – ellos cayeron presa de un efecto psicológico, como en el caso precedente y el más célebre de René Blondlot y sus rayos N (Nye, 1980; 1986, 33-77). Esto hizo finalmente comprender a Rutherford y Chadwick así como a sus contemporáneos, de la necesidad de reemplazar los observadores humanos por los técnicos de contagio eléctrico. De forma irónica, cuando Rutherford y Chadwick triunfaron en su controversia

¹⁵ La narración siguiente está basada sobre (Stuewer, 1985).

con los investigadores de Viena, al año siguiente, la teoría de Rutherford sería una vez más atacada, esta vez por George Gamow, que manejaba el arma de la mecánica cuántica, lo que obligó a Rutherford a abandonar su teoría.

Indudablemente que los alumnos aprenden de hechos como estos, donde se narran episodios relativos a la historia de la física, pudiendo obtener algunas ideas importantes. Pimero, podrían ver que Rutherford, quien ha sido frecuentemente considerado como el más grande experimentador de este siglo, estuvo fuertemente vinculado a la teoría y que en efecto, jamás separó la teoría de la experiencia – una ilustración notable de la vinculación íntima entre la teoría y la práctica¹⁶. Segundo, los alumnos aprenderían que la competencia puede ser una fuerza de motivación en física, y que las reputaciones institucionales y no solamente personales pueden estar fuertemente afectados por los resultados de las controversias científicas intensas. Tercero, esta historia muestra que los factores psicológicos subjetivos pueden jugar un rol dentro de las observaciones científicas y pueden conducir a errores. Cuarto, los alumnos aprenderían que el progreso en física está fuertemente ligado a las innovaciones técnicas, en ese caso las técnicas relativas a contar las partículas cargadas, y que uno de los objetivos del físico es de mostrar esas técnicas tan objetivas y precisas como sea posible.

Un último ejemplo ofrece además otro resumen de la naturaleza de la actividad científica. Para comprender como Lise Meitner y Otto Robert Frisch interpretaron correctamente el descubrimiento de Otto Hans y Fritz Strassman de la fisión nuclear en diciembre de 1938 sobre la base del modelo de la gota líquida^{iv} del núcleo, se estudió el desarrollo de ese modelo en detalle (Stuewer, 1994). Y se encontró que se produjo en dos etapas, de 1928 a 1935 como resultado del trabajo de George Gamow, Werner Heisenberg y C.F. von Weizsäcker, y de 1936 a 1938 como resultado del trabajo de Niels Bohr y de sus colaboradores.

La primera etapa se centró sobre la aplicación del modelo de la gota líquida a los cálculos del defecto de la masa – aspectos estáticos del modelo- la última etapa estuvo centrada sobre su aplicación a las excitaciones nucleares – los aspectos dinámicos del modelo. Meitner compartía la primera tradición de Berlín, mientras que Frisch compartía la más reciente de Copenhague. En Julio de 1938, Meitner fue obligada a huir de Berlín, y durante las vacaciones de navidad a fines de diciembre de 1938, reencuentra en Kungälv, Suecia a su sobrino Frisch, , y fuera de sus discusiones, llegan a un acuerdo interesante y producen una nueva aplicación del modelo de la gota líquida- la interpretación correcta de la fisión nuclear.

En primer lugar esta historia podría transmitirle a los alumnos algo de la naturaleza de la creatividad científica. Recordamos el análisis del acto creativo de Arthur Koestler en el que ha indicado que se apoya sobre la fusión de eso que él llama las diferentes “matrices” del pensamiento (Koestler, 1964, 207). Parece que alguna cosa de esta especie se ha producido aquí: Meitner y Frisch han llegado a su reencuentro con los cuadros conceptuales muy diferentes perteneciendo a un modelo nuclear particular, y ellos han encontrado que ellos podían combinarlos de una manera completamente nueva . En tercer lugar,

¹⁶ Este punto es bien puesto en evidencia en (Badash, 1987).

esta historia muestra cuántos acontecimientos políticos pueden influenciar fuertemente en el desarrollo de la ciencia, porque del hecho que Frisch y Meitner han sido forzados a un exilio por la política racial brutal de los Nazis, Frisch, justo después de la promulgación de la ley sobre el servicio civil nazi en abril de 1933 y Meitner, justo después el Anschluss de Austria en 1938. Los alumnos, en tanto que futuros ciudadanos, deberían comprender que las leyes, los políticos y las acciones de su gobierno pueden afectar directamente la salud de los científicos de su país: la ciencia, como todos los grandes éxitos culturales de una nación, no puede ser considerada como yendo de sí pero es una planta delicada que exige un mantenimiento y un sustento constante.

La complementariedad vuelta a visitar.

La complementariedad de los objetivos, de las fuentes, de las herramientas y de los principios del físico y de la historia en investigación se reencuentra en la enseñanza. El físico concibe y enseña sus cursos fundamentándose en condiciones lógicas: él o ella enseña principalmente los resultados - los principios, las leyes y los conceptos que constituyen el apogeo de siglos de esfuerzos intelectuales. El historiador concibe y enseña sus cursos centrándose principalmente en los contextos intelectuales, sociales y políticos dentro de los cuales esos principios, leyes y conceptos han sido descubiertos, y sobre las personalidades y las vías de los que han hecho esos descubrimientos. El físico es más o menos forzado a reducir la historia de los bosquejos o de las anécdotas. El historiador igualmente aprecia esos bosquejos o anécdotas, pero no está satisfecho de la imagen de la física y del físico que ellas transmiten.

Así, los alumnos que tienen cursos de física habituales adquieren una imagen de la física y de los físicos que se aparta sensiblemente de la realidad. La historia de la física enseñada en forma precisa puede servir de fuerza correctiva: a través de la historia, los alumnos pueden adquirir una comprensión de la naturaleza de la física, tal como ella es practicada por los verdaderos físicos. La enseñanza de la física y la historia parecen complementarias, ellos son en gran parte mutualmente exclusivos, pero como lo discutiré después, los dos son necesarios para darle al alumno una comprensión completa de la naturaleza de la física en tanto que actividad intelectual y humana.

Implicaciones

Alentando una comprensión precisa de la ciencia, el mejor interés de cada uno está hecho. En particular, los físicos son mejor tratados por el estímulo de una comprensión exacta de la física entre los no físicos – un punto que ha sido establecido de manera convincente en una encuesta reciente sobre los profesores de física de la escuela secundaria (liceo) en los Estados Unidos. Esta encuesta ha reforzado el resultado de otros estudios mostrando “que ampliar el grado de instrucción en física de todos los alumnos y preparar a futuros profesionales para un trabajo ulterior dentro de ese campo son los objetivos complementarios más que concurrentes”, es decir, “hay un efecto de

sinergia entre la enseñanza de la física para la masa de alumnos no científicos y la enseñanza de la física para los futuros científicos” (Neuschatz, 1989, 34-35¹⁷). Mejor es uno, mejor será el otro; más los ciudadanos tendrán la comprensión global de la física, mejor será el clima cultural para los físicos. Hace años Erwin Schrödinger se lamentó sobre “la tendencia a olvidar que la ciencia está ligada a la cultura humana en general, y que los resultados científicos, al igual que aquellos que en un momento aparecen como los más avanzados, esotéricos y difíciles de agarrar, pierden su sentido fuera de todo contexto cultural” (Schrödinger, 1952, 3; 1984, 478).

La ciencia es la fuerza más pujante y la más persuasiva que afecta hoy a los países del mundo – su salud económica, su estabilidad política, y su vitalidad cultural. Pero esta fuerza se ejerce en dos direcciones: los físicos dependen del apoyo del gobierno para sus investigaciones y sus medios de existencia. “Nosotros estamos en un peligro real”, ha prevenido Carl Sagan, “por haber construido una sociedad fundamentalmente dependiente de la ciencia y de la tecnología en el seno de la cual se puede difícilmente comprender la ciencia y la tecnología. Esta es una prescripción clara de un desastre” (Sagan, 1989). Frederick Soddy la desarrolló de manera más concisa desde que indicó que los científicos deberían siempre estar conscientes del contexto de la sociedad en la cual trabajan : <la mayor parte de los peces>, escribió <quedan probablemente completamente olvidados de la existencia del agua hasta que sea lanzado brutalmente al aire> (Soddy, 1920, 3).

Los físicos y los científicos en general pudieran beneficiarse si el público y los representantes del gobierno comprendieran perfectamente la diferencia profunda entre el fraude y el error científico – para reemplazar otro tema de interés actual en los Estados Unidos. Los físicos tienen una postura particular dentro de la clarificación de esta distinción porque el fraude en física es en efecto desconocido¹⁸. El error, al contrario, ha sido relativamente corriente, y de hecho, ello ha conducido frecuentemente a progresos. Pero hay poco espacio para el error de buena fe dentro de la historia lineal de la física. Solamente si los alumnos y el público comprenden que el curso de la física está trazado a través de numerosas falsas direcciones, podrían entonces apreciar el rol positivo jugado por el error científico.

La historia de la física ofrece igualmente lecciones en otra dirección¹⁹. En democracia existe una vinculación fuerte para el igualitarismo, en la creencia que las gentes son dignas de los mismos tratamientos en tanto que seres humanos, cualquiera que sea su posición en la vida. Al mismo tiempo, las distinciones de clases existen entre las personas que ocupan los puestos de estatus sociales diferentes. Dentro de esta situación, puede ser bueno destacar que una buena parte de los físicos han comenzado su vida en circunstancias socioeconómicas modestas, y que, sin embargo, logran alcanzar la cima de su

¹⁷ Para un rendimiento más completo, ver (Neuschatz & Covalt, 1988)

¹⁸ Para las observaciones pertinentes, ver (Franklin, 1986, 226-243)

¹⁹ Yo llego a ser plenamente consciente al punto que yo discuto aquí entonces yo trabajaba como un miembro del grupo sobre la enseñanza técnica y profesional reunida alrededor de los profesores George Copa y Robert Beck en la universidad de Minnesota desde Octubre de 1988 y Enero de 1989. Ese proyecto fue financiado por “Office of Vocational and Adult Education”, U.S. Department of Education.

profesión – uno piensa inmediatamente, por ejemplo, en Michel Faraday, J.J. Thomson o Ernest Rutherford. La historia de la física muestra igualmente que el progreso ha dependido frecuentemente de la cooperación estrecha entre los técnicos y los físicos. Thomson y Rutherford por ejemplo, han estado perfectamente conscientes de esto y de lo cual todo físico debe saber, ser consciente que los conocimientos y las competencias de los técnicos son esenciales para los éxitos , y que desde que los físicos y los técnicos trabajan juntos dentro de un objetivo común, un profundo respeto mutual se instaura. Un laboratorio de física, en un cierto sentido, es un microcosmos de una sociedad igualitaria, democrática y en tanto que tal, puede ser objeto de estudio para esos que están vinculados por la dinámica de la dignidad humana.

Por supuesto, el público ve la física y los físicos de manera radicalmente diferente. E.E. Fournier d'Albe ha reproducido esta imagen pública dentro de una biografía de William Crookes publicada desde 1924:

Para el público, el hombre de ciencia es un misterio, un hombre con sabor inhumano y en alguna salida inexplicable. Todo el mundo no va justamente a decir que él es un monstruo porque se presta a una actividad <no reporta dinero>. Pero parece ser generalmente reconocido que el <científico> es un ser vivo fuera de las esferas humanas ordinarias, no relevantes de estándares humanos ordinarios, un ser quien es habitualmente inofensivo pero que puede de manera más o menos concebible volverse peligroso... (Fournier d'Albe, 1923, 2).

En 1950 Norbert Wiener sostuvo que, para el hombre mediano de la calle,

El científico es exactamente eso que el brujo es para el salvaje; a saber, un personaje misterioso ambivalente, que es venerado como el portador del saber oscuros y representando los poderes oscuros y que al mismo tiempo es de tener igual execrar y debe tener su lugar. El brujo puede ser un poder pero, pero él es un sacrificio a los dioses muy aceptable. (Weiner, 1950, 215)

Spencer R. Weart simplemente mostró que cuando la imagen de un físico como científico loco ha sido persistente (Weart, 1988a; 1988b).

Esta imagen podía difícilmente ser otra si los estudiantes en física y el público no aprende nada substancial sobre la vida de los físicos dentro de la enseñanza o dentro de los libros en razón de un sentimiento que él está en alguna clase inconveniente de discutir con tales sujetos. Eso no es realmente sorprendente pero a pesar de todo más o menos notable, que en despecho de sus grandes obras y de su sentido estético, raros son los físicos que han sido presentados como personajes principales o héroes en las novelas, mientras que los artistas o los hombres de leyes, los doctores y los políticos por ejemplo, son figuras faltantes. Igualmente si los físicos han sido frecuentemente comparados con los detectives²⁰, débil en

²⁰ Dos ejemplos son Einstein & Infeld, 1938, 4-5) y (Pieerls, 1956, 15-16)

comparación al número de detectives. Los novelistas y los escritores ven a las gentes de numerosas profesiones como a los miembros simpáticos de la raza humana, pero los físicos son raramente seleccionados; ellos son considerados como pensadores lógicos, fríos, insensibles a las emociones y pasiones humanas ordinarias. La historia de la física revela que ese es raramente el caso. “La vida de un gran científico dentro de su laboratorio” escribió Marie Curie, “no es, como muchos creen, un idilio apacible. Eso es más frecuente una batalla áspera contra las cosas, contra esos que nos rodean, y por debajo todo contra sí mismo” (Curie, 1926, 144).

Conclusiones

Se discutió sobre la complementariedad de la historia y de la ciencia, y en particular de la historia de la física y de la física – ellas son en gran parte mutualmente exclusivas, pero los dos son necesarios a los alumnos para que ellos comprendan la naturaleza de la física. Si mis argumentos son de cierta validez, la cuestión central se torna entonces como parecer los dos de manera constructiva. Esto es una cuestión difícil, y que ha estado en el aire durante largo tiempo. No pueden proponer respuestas fáciles, pero se puede al menos proponer algunas observaciones.

Hace alrededor de cincuenta años, I. Bernard Cohen presentó un papel de trabajo titulado <Un sentido de la historia de la ciencia> tiene un rencuentro con la asociación Americana de profesores de física (American Association of Physics Teachers) y comenzó con exactamente la misma premisa con la cual se comenzó este escrito, a saber, que la historia y la ciencia son dos palabras que están “frecuentemente pensadas como siendo connotativos de disciplinas extremadamente diferentes sino mutualmente exclusivos” (Cohen, 1950, 343²¹). Un objetivo principal del papel del profesor Cohen estuvo en construir un puente entre las dos disciplinas, informando a los físicos por los libros y los artículos sobre la historia de la física y ofreciendo los indicadores para distinguir las buenas de las malas publicaciones. Esto estaba en un servicio válido y necesario, del hecho que la historia de las ciencias en tanto que disciplina estaba en un estado embrionario: el profesor Cohen no podía indicar solamente que tres universidades que ofrecían enseguida empleos en historia de las ciencias en pleno tiempo (*Ibid.*, 344). Hace cincuenta años, la sola manera de informar los físicos las fuentes de la historia de la física sería describir.

Los físicos hoy tienen la labor más fácil. En tanto que disciplina, la historia de la física ha tomado la importancia de manera significativa, y al igual que si el nombre de historiadores de la física en el mundo es siempre débil por vinculación al número de los físicos, los primeros se encuentran al menos dentro de un número razonable de universidades dónde están disponibles para proveer de informaciones sobre las fuentes históricas, a la vez publicadas o no publicadas, o de las respuestas a las cuestiones históricas. Como A. P. French lo preconcibió en 1983, es relativamente posible en nuestros días para los

²¹ Ver también (Cohen, 1952)

profesores de física “el hacer uso de la historia científica tal como ella es descubierta por los historiadores profesionales” (French, 1983, 216). Esto indica una condición necesaria para hacer de los progresos: los físicos y los historiadores ellos mismos deben colocarse juntos de manera constructiva a fin de favorecer el desarrollo de un proceso mutual en tanto que profesores y sabios. De tiempo en tiempo, el aislamiento profesional al igual que la arrogancia profesional puede dificultar la comunicación, pero se trata de un lujo oneroso y esto no debería ser alentado. En ciertas ocasiones, los historiadores han sido reclutados como miembros de departamentos de física, estableciendo una sólida base institucional para la cooperación – enseñando conjuntamente los cursos Básicos y de licencia, organizando coloquios históricos, y otros. En otras circunstancias, los físicos y los historiadores han cooperado fuera de los límites de los departamentos. Siempre en otras circunstancias, los físicos– siguiendo una venerable tradición – se vuelven expertos en historia de la física. En general, todo como Max Planck en 1909 tiene, por error, sienten el choque para aceptar los quanta de luz de Einstein significaba relanzar las ondas electromagnéticas de Maxwell (Planck, 1909), los físicos y los historiadores hoy no deberían cometer el error de relanzarse uno al otro. La historia y la física, al igual si ellos son aparentemente disciplinas complementarias, pueden ser asociadas de manera tal que aportan numerosos beneficios a los alumnos y en definitiva al público.

Referencias

ⁱ Nota del traductor

El autor americano escribió “in colleges and universities”, nosotros hemos traducido por universidad solamente para evitar ambigüedades pero en Francia por ejemplo el colegio es el nombre de la escuela secundaria media (12-16 años).

ⁱⁱ Se trata del error retrospectivo que sería el error cardinal.

ⁱⁱⁱ Se trata de cursos dados dentro del primero o segundo año de la universidad.

^{iv} En inglés: “the liquid drop model”.