

La enseñanza de la Física en la Escuela Media Argentina (1880-1930): un análisis desde los manuales escolares

Jorge N. Cornejo¹ y Francisco López Arriazu²

¹Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. E- mail: jcornej@fi.uba.ar

²Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. E-mail: flopezarriazu@gmail.com

Resumen: En el presente trabajo analizamos la enseñanza de la física en el nivel medio del Sistema Educativo Argentino durante el período 1880-1930. Mediante el estudio de textos y manuales de nivel secundario veremos de qué manera esta Física, en tanto disciplina escolar, se correspondió con o se apartó de la evolución histórica de la ciencia oficial. Específicamente, efectuaremos el seguimiento de la enseñanza de dos fenómenos: la electrización por frotamiento y la atracción y repulsión magnéticas. Observaremos la reelaboración de contenidos efectuada para que éstos puedan formar parte del curriculum, así como un apartamiento histórico de la física escolar con respecto a su ciencia de referencia. Veremos cómo en un mismo libro pueden coexistir varias hipótesis diferentes, o utilizarse explícitamente una hipótesis ya superada. Nuestro objetivo general será resaltar que la lectura de un texto, efectuada desde una perspectiva histórica, convierte a éste en un objeto mucho más complejo que un simple compendio de contenidos y actividades; lo transforma en el resultado de múltiples visiones en el que convergen las de los educadores y las de los científicos. En un texto se puede estudiar no sólo lo que está presente y la forma en que aparece, sino también lo que se ha omitido.

Palabras clave: Historia de la enseñanza de la ciencia, libros de texto, manuales escolares, Física Cuántica, Electricidad, Magnetismo.

Title: The teaching of Physics at Secondary Level in Argentina (1880-1930): an analysis from school handbooks.

Abstract: In the present paper we set to analyze the teaching of Physics at the secondary level of the Argentine Educational System during the period 1880-1930. Through the study of texts and secondary school handbooks we will see how Physics, as a school subject, corresponded to or deviated from the historical evolution of the official science. Specifically, we will trace the teaching of two phenomena: electrification by rubbing and magnetic attraction and repulsion. We'll observe the remaking of contents so that these can be part of the curriculum, as well as a deviation of school Physics from its science of reference. We'll see how several different hypotheses can coexist in the same book, or how an outdated hypothesis can still be used. Our general objective will be to highlight the fact that the

reading of a text, carried out from a historical perspective, makes it a much more complex object than a simple compendium of contents and activities; it transforms it into the site of convergence of the multiple view-points of both educators and scientists. In a text, it is possible to study not only what is stated, but what is omitted.

Keywords: History of science teaching, study texts, school handbooks, Quantum Physics, Electricity, Magnetism.

Introducción: Las revoluciones científicas en los manuales escolares

Tomando como marco general la historia del curriculum, en el presente trabajo analizaremos la enseñanza de la física en el nivel medio del Sistema Educativo Argentino, durante la revolución científica acaecida entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Veremos de qué manera esta Física, en tanto disciplina escolar, se correspondió con o se apartó de la evolución histórica de la ciencia oficial.

De los distintos documentos disponibles (textos, programas, cuadernos de clase, etc.), hemos elegido trabajar, como fuente directa para la historia de la enseñanza de la física, con manuales de nivel secundario. Si bien el estudio se centró en la Argentina, el origen de estos textos es principalmente europeo (francés y español en particular), ya que la producción editorial vernácula surgió con fuerza recién a partir de la década de 1930, y en períodos anteriores a esta fecha era usual estudiar con libros de los orígenes mencionados. Esto no implica, por supuesto, que antes de 1930 no hayan existido algunas obras de autores argentinos o uruguayos que alcanzaron amplia repercusión. Por otra parte, la traducción de libros de texto franceses a otras lenguas fue un fenómeno habitual durante el siglo XIX y principios del siglo XX. De hecho, París se transformó en el centro nuclear europeo para la producción de textos cuyas traducciones recalaban finalmente en el continente americano (Castel, 2007).

Los textos fueron consultados en la Biblioteca Nacional de la República Argentina, la Biblioteca Nacional de Maestros, en bibliotecas particulares y en bibliotecas virtuales de Internet. El cuadro completo de éstos se presenta en el Apéndice.

Sobre las características y naturaleza de las revoluciones científicas, Thomas Kuhn (1962) sostiene que cada revolución necesita el rechazo, por parte de la comunidad científica, de una teoría antes reconocida, para adoptar otra incompatible (estrictamente hablando, inconmensurable) con ella. Cada revolución transforma los modos de describir la naturaleza; produce un cambio en los problemas disponibles para el análisis científico y en las normas que determinan qué debería considerarse como problema admisible o como solución de un problema.

Cuando se produce una revolución científica, los libros de texto se re-escriben, ya que, al ser vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal, siempre que cambien el lenguaje, la estructura de problemas o las normas de la ciencia, tienen, íntegramente o en parte, que volver a escribirse.

De acuerdo con Castel (2007), el conocimiento es difícilmente separable de su forma material (en la que se incluyen, naturalmente, los libros de texto). Por lo tanto, no sólo es relevante si un conocimiento científico se incluye en un texto o no, sino en qué lugar del libro materialmente se lo incluye.

Por otra parte, cabe destacar que las revoluciones científicas pueden durar lustros o décadas. Por lo tanto, el ingreso de los descubrimientos en los libros de texto se va dando de forma paulatina y cautelosa. Es decir, cuando las nuevas informaciones provenientes del ámbito científico no implican una revolución, se incluyen en los textos escolares naturalmente; pero, como contrapartida, cuando estas informaciones implican una revisión de ciertos conceptos disciplinares básicos, la inclusión es mucho más compleja.

A partir de fines del siglo XIX, el mundo de la física comienza a sufrir una revolución que devendrá en el surgimiento de la *teoría cuántica*, y que se constituirá en lo que hoy se denomina *física moderna* en contraposición a la *física clásica*.

En el presente trabajo, debido a la imposibilidad de abarcar todos los campos de la física, efectuaremos el seguimiento de la enseñanza de dos fenómenos, caracterizados por la manifestación de fuerzas de atracción y repulsión claramente observables a escala cotidiana: la electrización por frotamiento y la atracción y repulsión magnéticas. Si bien ambos fenómenos son sencillos y conocidos, las explicaciones que los nuevos modelos físicos dieron sobre éstos fueron uno de los puntos más sobresalientes de la revolución científica bajo consideración.

El caso de la electrización

Desde el tiempo de los antiguos griegos, se sabe que luego de frotar ámbar con un trozo de piel, éste atrae pequeños fragmentos de material ligero (papelitos, pelusa, etc.). Este fenómeno se denomina en la actualidad "electrización por frotamiento". A lo largo de la historia, los hombres de ciencia intentaron explicarlo mediante diversas teorías.

Una de las más exitosas fue la denominada "teoría de los fluidos", según la cual en los fenómenos eléctricos intervendrían dos clases de fluidos, uno positivo y otro negativo. Si bien esta forma de interpretar los fenómenos está muy alejada de las concepciones modernas, no debe menospreciarse su rol en la historia del pensamiento científico. Según Nicioli Junior y Rodrigues de Mattos (2008) el modelo de fluidos constituyó en su época una forma de explicar la Naturaleza recurriendo sólo a agentes físicos y no a causas espirituales o divinas, las que todavía podían encontrarse en textos de física del siglo XIX, como por ejemplo el de Haüy (1810), ampliamente utilizado en la enseñanza superior en Brasil. Debe notarse, sin embargo, que pese a la gran importancia que tuvo para la física la teoría de los fluidos, ésta ya no estaba plenamente vigente cuando ocurrió el advenimiento de la física cuántica.

En la figura 1, incluida en el texto de Ganot (1862), vemos un ejemplo acerca de cómo se aplicaba la teoría de los fluidos para explicar fenómenos

eléctricos. De acuerdo con este libro todo cuerpo electrizado "por influencia" (hoy diríamos por inducción):

"... presenta estos dos principios: 1. Compruébase este principio con los cilindros de la figura, porque caen los péndulos apenas se los aleja del manantial eléctrico, o desde que pasa éste al estado neutro tocándolo con el dedo. 2.º Cuando está electrizado por influencia un cuerpo conductor, si se le toca en cualquier punto con una barrita metálica o con el dedo, siempre se escapa al suelo el fluido del mismo nombre que el del manantial eléctrico, quedando retenido el de nombre contrario por la atracción del fluido del manantial. Por ejemplo, en los cilindros anteriores queda el fluido negativo, tanto si se los toca por la extremidad positiva, como por la negativa, o bien por su mitad."

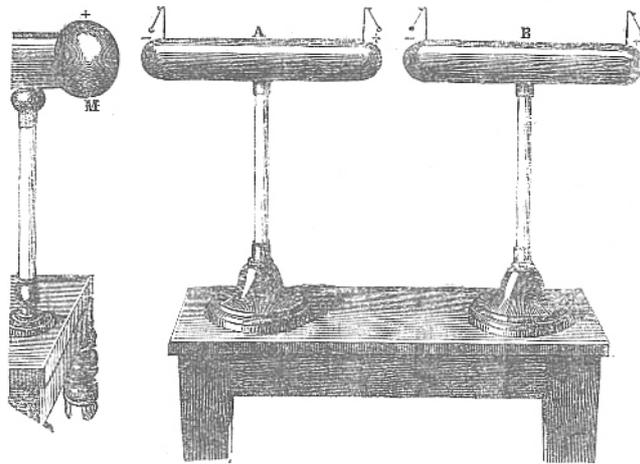


Fig. 426 (a = 59).

Figura 1.- Explicación de un experimento de electrostática según el modelo de fluidos (Ganot, 1862). Tanto esta figura como la cita textual se han obtenido de la versión digital del libro, disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com>.

El advenimiento de la mecánica cuántica reconoce, por razones que expondremos más adelante, una fecha fundamental: el año 1913. Es conveniente, entonces, considerar ese año como un posible punto de quiebre y estudiar las características de las ediciones anteriores y posteriores a éste.

Los textos anteriores a 1913

En general, en los textos escolares anteriores a 1913 se define la electricidad como un agente físico del cual no se conoce su naturaleza. No hay una definición explícita, a pesar de que el término es profusamente utilizado. Por ejemplo, en el *Tratado elemental de física experimental y aplicada* de A. Ganot (1872, p.553); se lee:

"La electricidad es un agente físico poderoso, cuya presencia se manifiesta por atracciones y repulsiones, violentas conmociones, descomposiciones químicas y por muchos otros fenómenos (...)"

No obstante los muchos trabajos de que ha sido objeto el agente que nos ocupa, no se conoce su origen ni su naturaleza y así se ven reducidos los físicos a hipótesis".

Entre estas "hipótesis" se cita con detalle la teoría de los fluidos. En cuanto a la electrización, el fenómeno se explica por sus efectos:

"Un cuerpo está electrizado cuando posee la propiedad de atraer los cuerpos ligeros o de producir efectos luminosos.

Ignórase la causa del desarrollo de la electricidad por frotamiento".

La referencia a la "hipótesis" de los fluidos no es exclusiva de Ganot. Por ejemplo, en el texto de Olivé (1909, página 19) leemos que: *"Se conoce con el nombre de electricidad a un agente imponderable, de causas hasta ahora desconocidas, que producen una multitud de fenómenos..."* Para agregar más tarde (página 219): *'La causa de este fenómeno se atribuyó a un fluido particular...Cuando los dos fluidos contrarios existen simultáneamente en un mismo cuerpo, se neutralizan mutuamente y forman lo que se llama el fluido neutro".*

Los descubrimientos científicos alrededor del año 1913

En 1897, Joseph John Thomson postuló la existencia del electrón, y Robert Millikan, en 1909, determinó la magnitud de su carga. Sobre la base de estos descubrimientos se formularon diferentes modelos atómicos. En el año 1911, Ernest Rutherford propuso un modelo de la estructura del átomo en donde toda su carga positiva, y casi toda su masa, estaba concentrada en una pequeña región: el núcleo, rodeada por una distante acumulación de electrones. Pero el año 1913 fue crucial, porque en él Niels Bohr abordó el problema de la estructura electrónica de los átomos. Propuso el giro de los electrones en órbitas bien determinadas, también conocidas como "orbitales" o "niveles de energía", caracterizadas por poseer una cantidad fija de energía. De este modo, los electrones formarían una "nube", con carga eléctrica de signo negativo, alrededor del núcleo, cargado positivamente.

Sin ingresar en los detalles físicos del modelo, el hecho es que, a partir de 1913, cuando Bohr da a conocer su modelo atómico, el concepto de fluido eléctrico se ve definitivamente reemplazado por una propiedad fundamental de la materia: la carga eléctrica, y el fenómeno de la electrización se puede explicar plenamente sobre la base del estudio de la estructura atómica de la materia. En breve, los átomos son neutros, poseen tanta carga negativa como positiva, es decir, tantos electrones orbitales como protones en el núcleo. Pero los electrones externos, los más alejados del núcleo, están enlazados con menos fuerza y suelen liberarse con facilidad. Al poner en contacto dos sustancias, una de ellas puede ceder algunos de sus electrones con poco esfuerzo, mientras que la otra los acepta. En el caso mencionado de la barra de ámbar que se frota con un trozo de piel, la barra extraerá electrones y quedará con carga negativa, mientras que la piel donante tomará una carga positiva igual. Por otra parte, los electrones del interior del papel en general permanecen enlazados a los átomos. Cuando se acerca la barra con carga negativa, la región del papel más próxima a la barra se carga positivamente, mientras que la más

alejada se hace negativa. Las cargas opuestas se atraen, y los papelitos se pegan a la barra. En ocasiones, los trocitos de papel se unen a la barra en forma habitual, pero al poco tiempo son repelidos, y quedan libres. Esto ocurre debido a que se transfiere parte de la carga durante el contacto con la superficie electrizada. Al perder su neutralidad, el papel, que ha adquirido la misma carga que la barra, es repelido y salta.

Las explicaciones sobre la electrización en los textos, desde 1913

A partir de 1913, si bien no existen diferencias con respecto a años anteriores en cuanto a las definiciones de los fenómenos, en el libro de Ganot-Maneuvrier (1913), publicado originalmente en Francia, aparece, hacia el final, una descripción de la nueva teoría atómica:

“Los átomos químicos estarían formados por un centro positivo, acompañado por un número considerable de electrones, siendo nula la suma algebraica de las cargas eléctricas del átomo. Se ha emitido la idea de que estos electrones gravitan alrededor del centro y constituyen un sistema análogo a un conjunto de planetas girando alrededor de una estrella”.

Llama la atención la rapidez con que llegaron los nuevos descubrimientos a las traducciones de los libros franceses que se empleaban en Argentina, ya que, como se vio, es en este mismo año, 1913, cuando Bohr da a conocer su modelo, que propone una estructura atómica muy similar a la descrita en la cita anterior. Aunque lo más probable es que Ganot y Maneuvrier se estén refiriendo al átomo de Rutherford, modelo sólo dos años anterior al de Bohr. Sea cual fuere el caso, es destacable la celeridad con la que el nuevo conocimiento arribó a los libros de nivel medio. Cabe aclarar que en libros de autores argentinos correspondientes a este mismo año no hay referencia alguna a estos nuevos descubrimientos (López Arriazu, 2000).

Ahora bien, lo más importante en cuanto al seguimiento que los libros de texto hacen de los acontecimientos históricos de la ciencia es que estamos frente a la inauguración de la forma que se impondrá en lo sucesivo para el tratamiento de las nuevas teorías: explicar los fenómenos físicos sin reescribirlos desde los nuevos modelos; mantener la forma clásica de explicar los fenómenos eléctricos y, en paralelo, incorporar capítulos que den cuenta de los nuevos avances y experimentos. Tales capítulos irán incrementando, con el paso del tiempo, su extensión y profundidad en el tratamiento de los temas.

Muchas veces esta estructura, adquirida por la mayoría de los libros, los lleva a caer en evidentes contradicciones, ya que mientras en los capítulos tradicionales se sigue sosteniendo que se desconoce la naturaleza de la electricidad y de la electrización, en estos nuevos capítulos se detallan las más recientes teorías sobre dicha naturaleza. Por ejemplo, el texto de Repetto (1928), al desarrollar la electrización, en la página 19, dice [el resaltado es nuestro]: *“Se dice que el frotamiento crea un estado especial, y se dice que el cuerpo está electrizado”*, mientras que en la página 50 (última dedicada a electricidad), explica la constitución de la materia desde el punto de vista electrónico y desarrolla la electrización desde ese modelo.

A comienzos de la década de 1930, prácticamente todos los libros, tanto argentinos como extranjeros, presentan explicaciones del fenómeno de la electricidad a través de la nueva teoría atómica. Pese a esta incorporación, los libros no son re-escritos desde la concepción moderna de la física, y perpetúan la contradicción mencionada anteriormente. Así, continúan coexistiendo en un mismo libro ambas concepciones, una expuesta en el cuerpo principal del texto y la otra en los capítulos finales.

Al promediar la década de 1930 nos encontramos con un nuevo fenómeno: el gran incremento de la industria editorial argentina, que lleva a la desaparición de los libros extranjeros. A partir de este momento, los textos son casi en su totalidad de origen nacional, y en ellos vemos prácticamente desaparecer los "capítulos finales" en los cuales se venían desarrollando las nuevas teorías. Además, estos textos poseen escasas menciones sobre nuevos avances o descubrimientos. En ocasiones aparecen como breves comentarios al final de los capítulos tradicionales, pero ya no conforman capítulos apartados. Los fenómenos se vuelven a explicar en formas similares a las utilizadas con anterioridad a 1913.

Un ejemplo claro de esto es el libro de Pérez Avendaño (1931). En la página 18, al referirse al concepto de átomo, leemos que:

"Átomo (del griego indivisible): lo aceptamos como un punto material, el cual no consigue la Física prácticamente dividir y es el elemento primario que sólo la mente alcanza a concebir".

Esto es un retroceso a etapas anteriores al modelo de Rutherford, e implica una profunda desactualización del texto, que, por otra parte, más adelante vuelve a mencionar los "fluidos eléctricos imponderables". En contraposición con esto, el autor, posteriormente (pág. 20), se refiere a la "hipótesis electrónica" y detalla el modelo de Rutherford, al que, en forma paradójica, sucesivamente califica de "hipótesis que en nada modifica el conocimiento secular de la constitución de la materia" y de "adquisición definitiva de la ciencia".

En otros casos el problema es que las nuevas ediciones de los libros no se actualizan, sino que repiten lo escrito en ediciones anteriores. Así, en el manual de H.E.C. de 1914, leemos, en la pág. 161, que:

"La electricidad es un agente físico que se manifiesta en muchos fenómenos llamados fenómenos eléctricos. Su naturaleza es desconocida. Es probable que la electricidad, como el calor, sea un modo particular de energía o de movimiento. Pero la teoría más sencilla para exponer y explicar los fenómenos eléctricos está fundada sobre la hipótesis de dos fluidos: se adopta un lenguaje convencional en el cual la electricidad se halla asimilada a un fluido invisible y sin peso, al que se atribuyen propiedades especiales".

La 4° edición del libro, publicada en 1930, repite textualmente la afirmación anterior (pág. 161), sin modificar nada de lo expresado respecto a los fluidos eléctricos.

Existen, por supuesto, algunas excepciones. Por ejemplo, Martín (1929) y Loyarte y Palumbo (1929) presentan descripciones correctas y actualizadas

de las teorías atómicas en boga, si bien las referencias al “estado eléctrico” o a las “dos electricidades” aún recuerdan la teoría de los fluidos.

La atracción y repulsión magnéticas

El estudio del magnetismo, en física, es muy amplio e incluye diferentes temas, tales como la naturaleza y propiedades de la fuerza y del campo magnético, la inducción magnética, la radiación electromagnética, etc., todos ellos estrechamente vinculados a la cuestión sobre la estructura de la materia, en forma análoga a lo referido a propósito de la electricidad. Sin embargo, todos esos temas se colocan sobre el fundamento del modelo empleado para describir la fuente del campo magnético (Guisasola y otros, 2003). Por lo tanto, en este análisis del magnetismo en los textos empleados en la escuela secundaria argentina desde 1880 a 1930, vamos a centrarnos en el punto mencionado.

Introducción histórica

La historia de la evolución de los conceptos científicos sobre el magnetismo se halla muy bien relatada en el texto de Ganot y Maneuvrier (1885), un libro que *“...comprende las materias designadas en los programas franceses de 1880 para la enseñanza científica en los liceos, el examen del bachillerato en ciencias, y la admisión en la Escuela Militar de Saint-Cyr y la Escuela Central, así como los complementos necesarios para los cursos de la Escuela Politécnica (nuevo programa), y de la Escuela Normal Superior.”* (pág. I de la Introducción)

Es de destacar que todas las referencias históricas que figuran en este texto son muy completas y evidencian un importante trabajo de elaboración. De hecho, sería material para otro trabajo comparar estas discusiones históricas con las de los libros más recientes, lo que quizás revelaría que las narraciones actuales son mucho más lineales y positivas que las de algunos textos antiguos.

Todo el texto presenta, en sus relatos históricos, listas de hipótesis, que en nuestro caso son la *hipótesis de los fluidos*, la *hipótesis de Weber* y la *hipótesis de Ampère*.

En efecto, uno de los primeros intentos de explicación científica del magnetismo fue a través del modelo de fluidos. Dicho modelo fue, en física, paralelo al desarrollo y extensión de nociones de tipo energetista, e implica una cierta supervivencia de la idea del “horror al vacío”. La visualización, que hoy consideraríamos errónea, de la energía como algo que fluye de un cuerpo a otro, indujo a adoptar explicaciones similares, basadas en la acción de fluidos inobservables, para diversos fenómenos, tales como el calor (el calórico), la electricidad (el fluido eléctrico), la propagación de las ondas de luz (el éter) y el magnetismo (el fluido magnético). Tengamos en cuenta que, como dijimos previamente, en su época esta forma de explicación constituyó un avance importante hacia la consolidación de modelos de tipo mecánico. Según González (2000), tal visión mecanicista se introdujo en los libros de texto por primera vez en Francia, y desde allí se extendió a España y América Latina.

De acuerdo con el modelo de fluidos el fenómeno de la imantación se explicaba diciendo que los fluidos magnéticos, antes de ésta, se encuentran dispersos en la totalidad del imán y se neutralizan mutuamente. La imantación implicaría separar ambos fluidos mediante la acción de una "fuerza superior" (hipótesis original de Coulomb, sostenida por Poisson). Weber modificó el modelo suponiendo que los fluidos magnéticos no se encuentran dispersos en todo el imán, sino rodeando a las moléculas, con orientación aleatoria antes de la imantación; al producirse ésta las moléculas se re-orientan, en forma algo similar a las explicaciones brindadas por los modelos actuales.

Los experimentos de Oersted, Ampère y Faraday, al conseguir efectos magnéticos a partir de corrientes eléctricas (y viceversa), condujeron hacia la posterior unificación de las teorías electromagnéticas y obligaron al abandono del modelo de fluidos. El texto mencionado, en la pág. 749, dice que la hipótesis de Ampère: *"fundada en las propiedades de las corrientes eléctricas, es la única aceptada hoy que se renuncia a la hipótesis de los fluidos imponderables"*. Según esta hipótesis, hay corrientes eléctricas circulares preexistentes alrededor de cada molécula de las sustancias magnéticas, al imanarse se orientan y forman un haz de solenoides (el "filete magnético"), que obra como un solenoide único.

Aquí es importante aclarar el sentido de dos términos: primero, la expresión "filete magnético", traducción del francés "filet magnétique" (literalmente, "hilo magnético"), que puede resultar confusa, es la denominación que se utilizaba en la época para designar el campo magnético descrito como líneas ("hilos") de fuerza magnética. Un ejemplo del uso del término "filet magnétique", tal como se lo empleaba en el siglo XIX, puede verse en el texto de A. de la Rive (1854). Segundo, aquí el término "molécula" no significa una agrupación de átomos, sino una partícula de muy pequeño tamaño cuyas características no se especifican, en forma similar a la que todavía hoy se emplea en las versiones más sencillas de la teoría cinético-molecular.

Por otra parte, agreguemos que un solenoide es una bobina metálica constituida por un cierto número de espiras circulares. Cuando por este dispositivo circula corriente eléctrica, se genera un intenso campo magnético.

Ahora bien, aún después de los mencionados experimentos de Oersted, Ampère y Faraday, y del surgimiento de las teorías electromagnéticas, seguía sin disponerse de un modelo satisfactorio del interior de los átomos. Al no separarse, dentro de éstos, el núcleo positivo de los electrones negativos, sólo podía suponerse que el magnetismo se debía a electroimanes microscópicos producidos por corrientes que circulan constantemente alrededor de las "moléculas" de cada imán. Posteriormente, con la división del átomo en núcleo y electrones, el hallazgo del spin (una propiedad de las partículas atómicas que puede visualizarse, en forma muy simplificada, como la rotación sobre sí mismas) y otras propiedades, la teoría giromagnética, hoy universalmente aceptada, acabó por consolidarse. A continuación veremos la presencia de una u otra de estas teorías en los textos analizados.

Los textos

El texto de Bahía (1897) comienza con la definición de imán, caracterizado como un objeto capaz de atraer el hierro y otros metales. La introducción del libro comienza refiriendo a sencillas experiencias cotidianas, al igual que la mayoría de los manuales. Más adelante clasifica los imanes en naturales y artificiales, y desarrolla todo un capítulo referido a las características del magnetismo y del campo magnético. Al revés que los libros actuales, el capítulo sobre magnetismo precede al de electricidad.

Para explicar el origen del magnetismo trabaja con la *Hipótesis de Weber*: partiendo de la inexistencia de monopolos magnéticos, concluye que la polaridad magnética llega hasta el ámbito molecular y que los imanes serían "haces de filetes magnéticos cuyos polos intermedios quedarían mutuamente neutralizados" (pág. 264, ver Figura 2).

Nuevamente, aquí debemos tener presente que el término "molécula" no está siendo utilizado en el sentido contemporáneo y que, por lo tanto, la imagen correspondiente a los "imanes moleculares" debe corresponder con la visión de la época. Desde este punto de vista, los imanes moleculares de Weber se describen en forma similar a, y ocupan prácticamente el lugar de, los dominios magnéticos (regiones de un material magnético o magnetizable en la que todos sus dipolos magnéticos microscópicos se encuentran igualmente orientados actuales.

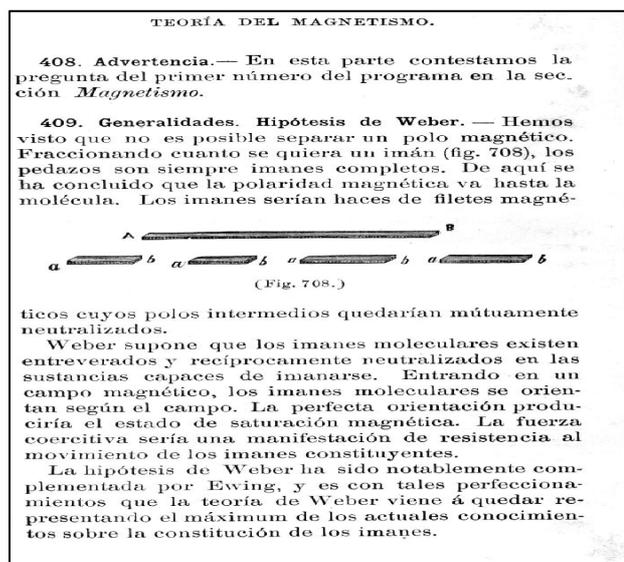


Figura 2.- La hipótesis de Weber de los imanes moleculares, en la página 264 del texto de Bahía (1897)

Sin embargo, junto a la hipótesis de Weber, el texto presenta también la *Hipótesis de Jamin*. Según ésta, los imanes "están formados de imanes elementales que constituyen filetes solenoidales paralelos en la región neutra y que por su recíproca repulsión se atraen hacia los extremos" (pág. 265). Si bien el autor presenta ambas hipótesis como diferentes, en realidad la descripción que realiza del fenómeno magnético con cualquiera de las dos es prácticamente equivalente. Parece que el contraste que se intenta transmitir es que, según Weber, los imanes elementales son los imanes moleculares, cuya unión da origen a los filetes magnéticos, mientras

que en Jamín la entidad magnética básica son los propios filetes, considerados como entidades no compuestas por partes.

El autor no contrasta ni contrapone con claridad ambas hipótesis. Sin embargo, cabe resaltar que en ningún momento refiere a “sustancias magnéticas” u otras nociones similares.

Es interesante la postura de Ricaldoni (1912). Este autor, ingeniero nacido en Uruguay, tuvo gran relevancia en la enseñanza de las ciencias en Argentina y sus veinticinco obras constituyeron una parte importante del material básico con el que se formaron en física, química y matemática varias generaciones de estudiantes, tanto secundarios como universitarios, no sólo en Argentina sino también en otros países sudamericanos (Loyarte, 1924). Ricaldoni reconoce que *“la teoría más completa del magnetismo es la de Ampère, pero que aún no podemos exponerla porque está basada en fenómenos eléctricos que no conocemos”* (pág. 234). En su lugar, obligado por el hecho de haber expuesto el magnetismo previamente a la electricidad, presenta la más antigua teoría de la atracción y repulsión de los *fluidos magnéticos*, que reconoce como ya superada. Es decir, continúa trabajando con una teoría ya fenecida, a favor de la simplicidad. Aún cuando este método sea discutible, debemos reconocer que es aquel con el que normalmente se enseña la física, aún en el nivel universitario.

Aquí puede ser interesante profundizar en la hipótesis de los fluidos. La misma considera dos fluidos diferentes: el *fluido boreal* y el *fluido austral*. Estos fluidos se encontrarían rodeando las moléculas, en forma similar a otra idea propuesta en el texto, la de que existen corrientes eléctricas alrededor de las moléculas. El empleo del modelo de fluidos fue común en libros muy antiguos de geografía, con el propósito de explicar el efecto del magnetismo terrestre en el comportamiento de la atmósfera. Por ejemplo, Montenegro (1833) dice que la atmósfera está constituida por fluidos ponderables (los gases) y fluidos imponderables (“sin peso conocido”), éstos últimos denominados eléctrico, calórico, lumínico y magnético, el que, a su vez, se divide en boreal y austral.

En un apartado final, la teoría de Ampère es finalmente expuesta, presentándose la electricidad como causa última del magnetismo. Sin embargo, debemos observar que tal explicación *no es central* en el libro, y que el texto se maneja esencialmente con las hipótesis antedichas.

En la figura 3 observamos cómo se mezclan distintas hipótesis en la explicación de la conservación de la polaridad magnética. Se dice que tanto el fluido boreal como el austral se hallan difundidos por el conjunto del imán, para luego afirmarse que cada molécula es un elemento magnético completo, cuya acción está “oculta” por las moléculas vecinas. El texto oscila, así, entre la versión más sencilla del modelo de fluidos y la hipótesis de Weber.

Algunos libros reconocen explícitamente la necesidad de la actualización. Por ejemplo, Langlebert (1914), un autor de origen alemán, declara estar *“al corriente de los progresos de la ciencia”*. Paradójicamente, este libro implica un retroceso respecto del de Ricaldoni (1912), previamente citado, porque plantea la teoría de los fluidos magnéticos como si fuese la aceptada oficialmente por la ciencia en ese momento. Incluso postula no dos, sino

tres fluidos, porque al *fluido boreal* y el *fluido austral* agrega el *fluido neutro*, que resultaría de una combinación de los dos anteriores, hipótesis que denomina la "teoría de Symmer". Este libro tiene numerosos detalles muy curiosos. Por ejemplo, define el electrón como un "fragmento de éter electrizado" y dice (pág. 273) que el electrón "sirve de lazo de unión, de medio de comunicación, entre la materia imponderable y el éter". Esta afirmación, para la época en que el libro fue escrito, ya carecía totalmente de sentido. Agreguemos también que el autor declara que los principales agentes físicos son la gravedad, el calor, la electricidad, el magnetismo y la luz, que cada uno corresponde a una división de la física y que todos ellos no son sino manifestaciones de una única fuerza universal. Además, considera que los fluidos se distribuyen uniformemente por todo el cuerpo, mientras que Ricaldoni a veces sostiene la misma idea y otras los considera como "satélites" de las moléculas. Cabe resaltar que textos de la misma época (el ya citado de Ricaldoni, por ejemplo y el, algo posterior, de H.E.C. (1921)) citan el error de la teoría de los fluidos al referirse a la posibilidad de magnetizar un trozo de hierro por fricción: según la teoría de los fluidos al frotar un imán con otros su magnetismo debería extinguirse progresivamente, lo que, en la realidad, no ocurre.

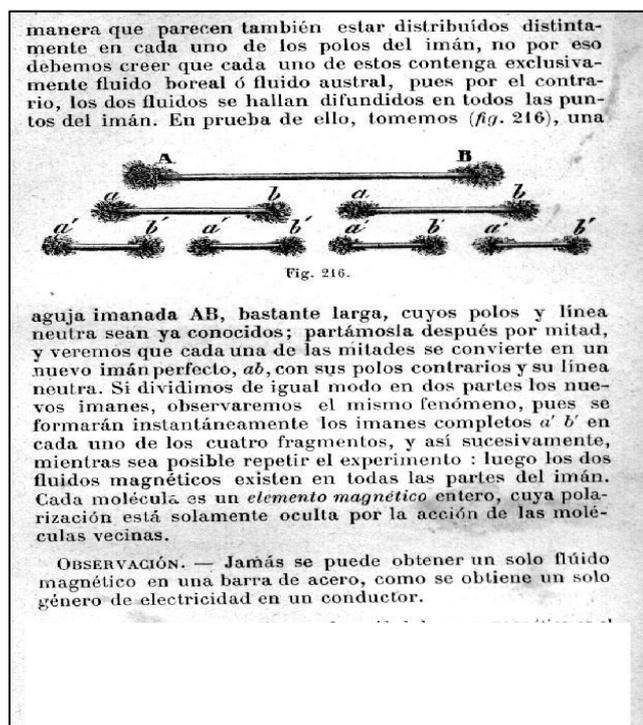


Figura 3.- La explicación de la polaridad magnética en el libro de Ricaldoni (1912).

Estas supervivencias del modelo de fluidos constituyen una señal de cierta desactualización en los textos escolares, puesto que la hipótesis de los fluidos magnéticos ya se consideraba obsoleta hacia la década de 1890. Si comparamos lo expuesto con los planes de estudio del bachillerato empleados en España en la misma década, podemos ver que allí se afirma que: "algunos admitieron la existencia de un fluido imponderable y sutil, causa y origen de los fenómenos magnéticos. Este fluido lo suponían

constituido por dos fluidos elementales, a los cuales denominaron boreal o norte y austral o sur” (Programa de física del Instituto de Canarias, citado, s/n de página, por Elórtegui y otros, 1995). Por lo tanto, si bien el modelo de fluidos es mencionado, se lo refiere como una teoría antigua y ya en desuso.

También los textos escolares utilizados en España en la época en cuestión manifiestan una mayor actualización. Por ejemplo, según Fuentes Acevedo (1879, Libro VI, Capítulo I, Lección 68, Apartado 439).

“Hasta hace poco tiempo se consideró el Magnetismo como un fluido particular causa de todos los fenómenos llamados magnéticos o producidos por los imanes. En el día se admite que el magnetismo no es más que una manera especial de determinados efectos eléctricos, conservándose sin embargo esta denominación para expresar todo lo relativo a los fenómenos de los imanes y su teoría física”

O bien, de acuerdo con Blanco Juste (1913, Sección 2, Capítulo 1, Apartado 518):

“Admítase actualmente completa analogía entre los efectos eléctricos y los magnéticos, abandonando con ello la antigua hipótesis que consideraba el magnetismo como la unión de dos fluidos, boreal y austral, unidos en el estado neutro y separables por la imanación; así, pues, considéranse las acciones eléctricas y magnéticas como manifestaciones de una misma causa, y, según esto, el magnetismo es una fuerza central que satisface a las leyes de Newton, como se puede comprobar con la balanza de torsión”.

Esta indefinición de los textos utilizados en Argentina respecto del modelo explicativo a emplear para el magnetismo es, hasta cierto punto, similar a la situación referida por Kuhn (1962) cuando indica que, en los períodos de ciencia revolucionaria, no existe un paradigma dominante, sino varios paradigmas en competencia recíproca. En el caso de los textos escolares advertimos algo parecido, con la diferencia de que la competencia entre modelos ocurre varias décadas después de cerrada la discusión en el ámbito de la ciencia oficial.

Discusión

Se han analizado dos claros ejemplos de reelaboración de contenidos efectuada en el proceso de darles ingreso en el currículum escolar. En el estudio presentado, se observa un apartamiento histórico de la Física escolar con respecto a su ciencia de referencia, ya que la inclusión de la física moderna a los manuales escolares, si bien se produce en forma casi simultánea con los principales descubrimientos científicos, no conlleva una reescritura de los fenómenos involucrados; tal reescritura se produce varias décadas después de consolidado el conocimiento de la ciencia de referencia. Fue recién en la década de 1970 cuando los textos escolares son completamente reescritos desde las nuevas teorías, a casi sesenta años del nacimiento de la física moderna.

Esta diferencia temporal entre los descubrimientos y la reescritura linealiza y descomplejiza el verdadero proceso histórico. Podemos conjeturar que el retraso en la reescritura pudo deberse a cierta cautela por parte de los autores en evitar cometer un error al incluir prematuramente una teoría

novedosa no suficientemente validada. Pero cabe aclarar que, simultáneamente, en el nivel universitario las nuevas teorías eran aceptadas, y existían libros que se reescribían desde las nuevas concepciones casi inmediatamente

En otras oportunidades, en un mismo libro pueden coexistir varias hipótesis diferentes, o, explícitamente, puede utilizarse una hipótesis ya superada con el objetivo de efectuar una presentación del tema supuestamente más accesible para los estudiantes.

La lectura de un libro de texto desde una perspectiva marcada por la historia de la enseñanza y de las ciencias, convierte a éste en un objeto mucho más complejo que un simple compendio de contenidos y actividades; lo transforma en el resultado de múltiples visiones en las que convergen las de los educadores y las de los científicos. La transposición didáctica opera simultáneamente a varios niveles y en varias instancias temporales. En un texto se puede estudiar no sólo lo que está presente y la forma en que aparece, sino también lo que se ha omitido.

Referencias bibliográficas

Bahía, M. (1897). *Tratado de física general*. Buenos Aires: Editorial Estrada.

Blanco Juste, R. (1913). *Elementos de física y nociones de meteorología*. Madrid: Imprenta de los hijos de Gómez Fuentenebro. En: www.cervantesvirtual.com.

Castel, J.S. (2007). Comunicando la física en la Europa del siglo XIX: el manual de Ganot y los oficios del libro. En N. Herrán, J. Simón, X. Guillén-Llobat, T. Lanuza Navarro, P.R. Castel y J. Navarro (Coords.), *Sinergia: Primer Encuentro de Jóvenes Investigadores en Historia de la Ciencia* (pp. 29-48). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

de la Rive, A.A. (1854). *Traité d'électricité théorique et appliquée – Tome I*. Boston: Adamant Media Corporation, edición publicada en 2002.

Elórtégui, N.; Fdez, J.; Moreno, T. y Rodríguez, J.F. (1995). El magnetismo que estudió Blas Cabrera en el Instituto de Canarias, ponencia presentada en el *I Congreso sobre Blas Cabrera*, Tenerife, España, noviembre de 1995.

Fuertes Acevedo, M. (1879). *Curso de física y nociones de química*. Oviedo: Litotipia de V. Brid. En: www.cervantesvirtual.com.

Ganot, A. (1862). *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología con numerosa colección de problemas*. Madrid: Carlos Bailly-Baillière, edición digital (2002), Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. En: www.cervantesvirtual.com

Ganot, A. (1872). *Tratado elemental de física experimental y aplicada*. París: Ch. Bouret.

Ganot, A y Maneuvrier, G. (ediciones de 1885 y 1913). *Tratado elemental de física*. París: Ch. Bouret.

González, A.M. (2000). La Física em los manuales escolares: um médio resistente a la renovación (1845-1900). *Historia de la Educación: Revista Interuniversitaria*, 19, 31-93.

Guisasola, J.; Almudí, J.M. y Ceberio, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 2, 281-293.

Haüy, R.J. (1810). *Tratado Elemental de Physica*. Brasilia: Impressão Régia.

H.E.C. (1914). *Física – curso medio*. Buenos Aires: Cabaut y Cía.

H.E.C. (1921). *Apuntes de física*. Buenos Aires: Cabaut y Cía.

Kuhn, T.S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Langlebert, J. (1914). *Física*. París: Librería de la Viudad de Ch. Bouret.

Loyarte, R. Y Loedel Palumbo, E. (1929). *Tratado Elemental de Física*. Buenos Aires: Estrada.

López Arriazu, F. (2000). Los libros de texto y el problema de la actualización de los contenidos. En S. Gvirtz (Comp.), *El color de lo incoloro: miradas para pensar la enseñanza de las ciencias* (pp. 61-88). Buenos Aires: Novedades Educativas.

Loyarte, R. (1924). La evolución de la física. En *Evolución de las Ciencias en la República Argentina, II*, publicado en el cincuentenario de la Sociedad Científica Argentina, sin indicación de compilador. Buenos Aires: Coni.

Martín, G. (1929). *Curso de Física*. Buenos Aires: Verdum.

Montenegro Colón, F. (1833). *Geografía general para el uso de la juventud de Venezuela. Tomo primero*. Caracas: imprenta de Damiron y Dupuoy, reimpresso en 2001 por Editorial Alicante.

Nicoli Junior, R.B. y Rodríguez de Mattos, C. (2008). As diferentes abordagens do conteúdo de Cinemática nos livros didáticos do ensino de Ciências brasileiro. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7, 1: 199-225. En: <http://saum.uvigo.es/reec>

Olivé, E.R. (1909). *Elementos Usuales de las Ciencias Físico-Químicas*. La Plata: Joaquín Sese Editor.

Pérez Avendaño (sin indicación de nombre), (1931). *Curso Elemental de Física*. Buenos Aires: Librería de A. García Santos.

Repetto, E. (1928). *Física, Tomo II*. Buenos Aires: Portas y Volpe.

Ricaldoni, T. (1912). *Apuntes de Física*. Buenos Aires: Gustavo Gili.

Anexo - Cuadro completo de los textos estudiados

Año	Autor	Editorial	Título
1810	Haüy	Impressão Régia	Tratado Elemental de Physica
1833	Montenegro	Damiron y Dupuoy	Geografía general para el uso de la juventud de Venezuela. Tomo primero
1862	Ganot	Carlos Bailly-Bailliere	Tratado Elemental de Física Experimental y Aplicada y de Meteorología con Numerosa Colección de Problemas
1872	Ganot	Hachette y Cía	Tratado Elemental de Física Experimental y Aplicada
1872	Privat-Deschanel	Hachette	Tratado Elemental de Física
1879	Fuertes Acevedo	V. Brid	Curso de Física y Nociones de Química
1885	Ganot – Maneuvrier	Librería de la Viuda de Ch. Bouret	Tratado Elemental de Física (19° edición)
1894	Ortiz	D. Appleton	Principios elementales de Física Experimental y aplicada.
1897	Bahía	Estrada	Tratado de Física General
1900	Ganot	Hachette y Cía	Tratado Elemental de Física (22° edición)
1904	Herrero Ducloux	Estrada	Tratado Elemental de Física (2° edición)
1909	Olivé	Joaquín Sese	Elementos usuales de las Ciencias Físico – Químicas (4° edición)
1911	Feliú y Pérez	González Fuentebro	Curso de Física Experimental y Aplicada.
1912	Ricaldoni	Gustavo Gili	Apuntes de Física
1912	González Marti	Madrid. s/d	Tratado de Física
1913	Ganot – Maneuvrier	Librería de la Viuda de Ch. Bouret	Tratado Elemental de Física
1913	Blanco Guste	Imprenta de los hijos de Gómez Fuentenebro	Elementos de Física y Nociones de Meteorología
1914	Langlebert	Librería de la Viuda de Ch. Bouret	Física
1914	HEC	Cabaut y Cía.	Física – Curso medio (1° edición)
1914	Alzáa	Librería de A. García Santos	Nociones de Física Elemental – 2° Parte
1914	Chassagny	Hachette	Curso elemental de Física
1914	De Alzáa	García Santos.	Nociones de Física elemental (2° parte)
1915	Colomb	Gustavo Gili	Lecciones de Cosas en 650 grabados
1918	Kleiber y Karsten	Gustavo Gili	Tratado Popular de Física
1918	Langlebert	Librería de la Viuda de Ch. Bouret	Física – Edición reformada
1920	Doynel	Virtus	Curso de Física (Tomo 2)
1921	HEC	Cabaut y Cía.	Apuntes de Física
1923	Murnai	Gili	Tratado de Física (Tomo 2)
1923	Suárez Calderón	La Luz	Lecciones de Física
1925	Watson	Labor	Curso de Física
1925	Landi	Talleres Gráf. Arg.	Segundo Curso de Física
1927	Mañas y Baonvi	Labor	Curso de Física
1928	Repetto	Portas y Volpe	Física II
1928	Appleton	Appleton	Física de Appleton
1929	Martín	Verdum	Curso de Física(2° edición)
1929	Loyarte y Palumbo	Estrada	Tratado Elemental de Física (6° edición)
1930	Pla Cargol	Dalmau	Nociones de Física y Química
1930	HEC	Cabaut y Cía.	Física – Curso medio (4° edición)
1931	Senter	Poblet	Nociones de Físico Química
1931 (1° edición 1914)	Pérez Avendaño	Librería de A. García Santos	Curso Elemental de Física (2° edición)

Nota: donde no se indica explícitamente el número de edición, significa que el mismo no se indicaba en el texto, o que no se conocen reediciones.