

SIMILITUDES Y DIFERENCIAS ENTRE DOS PROPUESTAS DOMINANTES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA ARGENTINA EN LAS PRIMERAS DÉCADAS DEL SIGLO XX: ADOLPHE GANOT Y TEBALDO RICARDONI

Cecilia von Reichenbach y Osvaldo Cappannini.

Universidad Nacional de La Plata

RESUMEN

Este trabajo intenta aportar a comprender las condiciones en que la física fue enseñada en las primeras décadas del siglo XX en la escuela media Argentina. Se analizan dos de los manuales más difundidos en el país: un texto europeo y uno criollo: el “Tratado elemental de física” de Adolphe Ganot y Gustav Maneuvrier y los “Apuntes de física” de Tebaldo Ricaldoni. Se consideran semejanzas y diferencias desde distintos aspectos: origen y preparación de los autores, grado de actualización respecto de los últimos adelantos científicos, perspectiva pedagógica, contexto socio educativo en el que fueron publicados los textos, e impacto de la difusión de los mismos. Se profundiza el análisis en cuanto a contenidos disciplinares, centrándolo en las ondas electromagnéticas, relacionándolas con modelos de interacción entre materia y radiación, por tratarse de un tema de notables avances, científicos y tecnológicos, en esa época.

Palabras clave: enseñanza de ciencias, manuales, ondas electromagnéticas.

SIMILARITIES AND DIFFERENCES BETWEEN TWO KEY PROPOSALS ON SCIENCE EDUCATION IN ARGENTINA DURING EARLY XXth CENTURY: ADOLPHE GANOT AND TEBALDO RICARDONI

ABSTRACT

This paper aims to be a contribution to understand the conditions in which physics was taught during the early twentieth century in Argentinean secondary schools. Two of the most widely used handbooks in the country are being analyzed and compared: “Elementary Treatise of Physics” by the French author Adolphe Ganot, and “Notes on Physics” by the local professor Tebaldo Ricaldoni. Similarities and differences are considered in several aspects: origin and preparation of the authors, degree of update on the latest scientific advances, pedagogical perspective, socio-educational context in which the textbooks were published, and impact of

their dissemination. In deepening our analysis in terms of disciplinary content, the work focuses on electromagnetic waves, relating them to different models of interaction between matter and radiation, since at the time this was a subject of considerable progress in science and technology.

Keywords: science education, handbooks, electromagnetic waves.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ciencia se constituyó en un eslabón fundamental en el desarrollo de las diversas disciplinas que, como país emergente al quehacer científico, comenzaron a instituirse en Argentina en los siglos XIX y XX. Es sabido que los pioneros en las diversas áreas fueron principalmente inmigrantes europeos (en astronomía, paleontología, antropología, etc.¹), y que además de la dedicación a sus investigaciones debieron abocarse a formar discípulos, que constituirían la primera generación de científicos criollos. La educación previa de estos estudiantes fue determinante como contexto de formación y es por lo tanto un tema de interés para entender las dificultades de implantación de las distintas disciplinas. En el caso de las ciencias básicas, como la física, la enseñanza secundaria condiciona además el aprendizaje de otras ciencias y tiene un efecto multiplicador cuando se trata de la formación de los docentes, que habrán ocuparse de la educación de las futuras generaciones, influidos por esta orientación inicial.

En este contexto, resultan de especial interés los libros de texto de mayor difusión, por cuanto su popularidad les otorga una supuesta legitimidad que tiende a imponer como verdad irrefutable la información contenida. De hecho, durante mucho tiempo se los ha concebido como el depósito del conocimiento correcto o, al menos, comúnmente admitido por toda la comunidad científica. En esta concepción, además, se reduce el conocimiento científico al conocimiento escolar, y en esta transposición didáctica influyen variados aspectos sociales, metodológicos e ideológicos². El estudio de los conceptos expresados en dichos textos podría dar cuenta, entre otras informaciones, de las concepciones sobre contenidos y procedimientos de física que permiten inferir el grado de actualización, el tipo de representaciones y el perfil pedagógico del autor. Según Jorge Conejo y Francisco López Arriazu³, los libros de texto, además de cumplir con su misión específica, son documentos históricos, donde se reflejan la ciencia y la pedagogía de cada época, junto a las vivencias experimentadas por cada autor en su particular contexto socio histórico. Los condicionamientos histórico políticos, los

planteamientos didácticos y la presencia de posturas epistemológicas definen el contenido y la estructura de los textos⁴.

En los últimos años del siglo XIX, y aún hasta 1930, circularon entre los colegios secundarios argentinos y latinoamericanos los textos de física básica: “Tratado elemental de física”, de Adolphe Ganot, autor francés, y “Apuntes de Física”, del rioplatense Tebaldo Ricaldoni. En este trabajo se presenta un estudio comparativo de ambos manuales, por cuanto representan concepciones científicas que tuvieron gran difusión en la época, y potencialmente en las generaciones posteriores. Se analizan semejanzas y diferencias en cuanto a los autores y su contexto académico y social, y se comparan los textos, focalizando algunos conceptos fundamentales, como los relacionados con las ondas electromagnéticas, que están directamente incluidos en las representaciones acerca de la materia y su interacción con la radiación. Además, se trata de un tema de notable desarrollo en los años próximos al cambio de siglo, tanto desde el punto de vista científico como tecnológico. Se parte de una breve presentación de los autores y el ámbito en el que se desarrollaron, a fin de poner en contexto sus producciones.

La comparación de los textos se basa en el trabajo de Françoise Kanthine-Langlois⁵, que analiza los motivos del éxito de los libros de Ganot, y se utilizan los mismos parámetros para evaluar los de Ricaldoni. La lectura de los textos se efectúa desde una perspectiva histórica, intentando descubrir las múltiples visiones que convergen, considerando no sólo lo que está escrito sino también lo que se ha omitido⁶.

COMPARACIÓN ENTRE LOS AUTORES Y SUS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN

Adolphe Ganot (1804-1887) fue el autor del libro de texto de física más popular entre 1853 y 1931 (fecha de la última edición en francés). Nació en Francia, donde se graduó en Artes y Ciencias, y dedicó su vida a la docencia de matemáticas y física, fundamentalmente en un instituto privado de su propiedad, donde se formaban químicos para la industria y la agricultura. Los apuntes de sus clases le sirvieron de base para la publicación de un texto de Física elemental, dado que se ajustaban a los nuevos planes de estudio surgidos de una reforma en la educación secundaria acontecida en Francia en 1852. El texto de Ganot fue editado regularmente durante 80 años, traducido a varias lenguas (nueve por lo menos) y vendido en todo el mundo. Sus libros fueron fuente de inspiración para numerosas vocaciones

científicas (Segre, Millikan y Krebs, por ejemplo) y texto obligado (oficial) en cursos de todo el mundo. En 1882 Ganot vendió la propiedad intelectual a la firma Hachette con la condición de que fuera actualizado con los últimos progresos de la ciencia, tarea que se encargó a Georges Maneuvrier. Hay diversos trabajos que analizan estos textos desde distintas perspectivas (Sonia Krappas⁷, Charles Holbrow⁸, Jorge Cornejo⁹, Josep Castel¹⁰, María Paz Ramos Lara¹¹), por tratarse de un referente considerado como la materialización de la divulgación en la enseñanza secundaria por un largo período de tiempo.

Tebaldo Ricaldoni (1861-1926)¹² editó numerosos libros de texto de amplia difusión en la región, en su mayoría para nivel secundario. Desde su Montevideo natal emigró a la Argentina, donde, con el título de ingeniero civil, enseñó durante más de 30 años en el prestigioso Colegio Nacional Buenos Aires y se desempeñó como docente de física de la Universidad Nacional de La Plata desde su fundación en 1906, donde fue nombrado Director del flamante Instituto de Física. Encaró sus trabajos en la nueva universidad con el estilo que lo caracterizara como docente innovador en el Colegio Nacional de Buenos Aires, y que se basaba en clases que incluían una profusa cantidad de experiencias demostrativas con instrumentos que él mismo encargara para la UNLP en la firma alemana Max Kohl. Escribió numerosos libros de texto, basados en sus apuntes de clase; entre otros, manuales de álgebra, cosmología y física. Estos últimos se ajustaban a los nuevos planes de estudio, y es ésta una de las semejanzas más significativas con la obra de Ganot: la oportunidad de difundir sus manuales a raíz de una reforma educativa. Ambos autores contaron con el respaldo de sus respectivas comunidades: los libros de Ganot fueron elogiados por científicos de la talla de Foucault¹³, mientras que los de Ricaldoni fueron aprobados por el Ministerio de Instrucción Pública de 1898. Asimismo, el autor rioplatense recibió del gobierno francés, en 1908, las “Palmas Académicas de Oficial de Instrucción Pública, distinción honorífica de significación, sobre todo en la época en que le fuera otorgada”¹⁴. En el caso de Ganot, las opiniones adversas se redujeron a ciertas críticas hacia algunos pasajes, pero fueron muy favorables en general¹⁵. Se la consideraba “literatura científica”, mientras que se opinaba (a favor y en contra) de las novedades (teóricas y técnicas) que aparecían en el texto. En el caso de Ricaldoni, la prensa local lo ponderaba por sus méritos como sabio y docente, aunque sus manuales eran “objetados por los censores pedagógicos”¹⁶. No sólo fue elegido por Joaquín Víctor González para instaurar la investigación y enseñanza de la física¹⁷, sino que su nombre aparece en algunos pasajes de las novelas de Roberto Arlt¹⁸.

Puede suponerse que los manuales replicaban el estilo de las clases de ambos autores, poniendo énfasis en lo experimental, de acuerdo a las nuevas tendencias educativas, e incluían relaciones con los desarrollos tecnológicos de su época. A diferencia de Ganot, Ricaldoni tenía escasos vínculos con los centros de desarrollo científico y tecnológico, pese a lo cual solía incluir, como lo hacía Ganot, temas de actualidad como rayos X, radioactividad, etc. (si bien lo hacía dentro de un marco conceptual muy particular). Otra diferencia notable es que mientras que Ricaldoni hacía múltiples referencias a inventos, desarrollos y “fórmulas” de su propio desarrollo, Ganot nunca se refirió a invenciones propias, dado que se dedicaba íntegramente a la docencia.

LOS TEXTOS

Se analizan las ediciones de “Tratado elemental de Física”, de Ganot-Maneuverier de 1885 (XIX edición) y de 1913 (XXV edición)¹⁹, y de T. Ricaldoni “Apuntes de Física” de 1908 (V edición)²⁰, comparándolas a través de varios parámetros, siguiendo a Khantine-Langlois. Las razones del éxito del libro de Ganot se basan, según su opinión, en varios aspectos que iremos comparando con el del autor rioplatense.

En primer lugar, está escrito en un lenguaje accesible y ameno, característica que comparte con el de Ricaldoni, evitando tecnicismos innecesarios. Esto podría atribuirse al hecho de que se trata de libros escritos por docentes, a diferencia de otros autores de la época que eran científicos (como Robert Millikan²¹).

El manual de Ganot se editó desde 1873 hasta 1931, con 80 ediciones, y fue traducido a más de nueve idiomas. Por su parte, el texto del rioplatense no fue traducido pero fue “esparcido dentro y fuera de la República”²².

En ambos casos los textos se ajustan a un nuevo plan de estudios del secundario, aunque fueron de uso también en nivel terciario y universitario. [Las reformas educativas en cada caso fueron de diferente índole, y aunque está fuera del alcance de este trabajo, haremos unas breves referencias, por cuanto podrían ser motivo de estudios comparativos más vinculados con la enseñanza.](#)

[El libro de Ganot, como mencionamos, surgió de sus notas de clases para la escuela donde formaba técnicos y preparaba para el ingreso a la universidad, y luego fue publicado cuando se adoptaron los nuevos planes de estudio para el colegio secundario en Francia, en 1852. Ese año se aprobaron las iniciativas privadas a través de la libertad de educación, y así se abrieron](#)

escuelas que, como la de Ganot, además de brindar educación técnica para la industria y la agricultura, preparaban a los estudiantes para carreras científicas. Por otra parte, además del examen de *baccalauréatès* en letras, sobre estudios clásicos, cobró importancia por esos años en Francia el *baccalauréatès* en ciencias, un examen de aprobación obligatoria para realizar estudios en medicina, farmacia, ciencias e ingeniería. Este proceso fue denominado *bifurcación*, pues creaba dos especializaciones paralelas en la educación secundaria²³. La producción de libros de texto en Francia del siglo XIX surgió simultáneamente y en conjunción con el establecimiento de los programas educativos oficiales. De allí la importancia de su estudio para el análisis de contenidos, métodos pedagógicos e ideología de las autoridades educativas que los avalaban, teniendo en cuenta además la exigencia de lograr ciertas características que aseguraran el éxito comercial de estos libros. Así, la estructura del texto de Ganot refleja los programas vigentes, mientras que, a diferencia de otros escritos en el mismo período por científicos, está indicado su uso en institutos de educación y también para “quienes aspiren a un rango en las facultades y para varios exámenes estatales”.

En particular, la presentación de la física que Ganot ofrece es más cercana a la experimentación y al vínculo con la química más que con la matemática, una tendencia que se imponía en Francia a mediados del siglo XIX²⁴. La presentación de los contenidos, la presencia de numerosas y detalladas ilustraciones y la descripción de experiencias, además de constituirse en una novedad, marcaron una nueva forma de enseñar y una tendencia que sería emulada por otros autores y docentes en todo el mundo.

En Argentina, el curriculum del secundario había sido motivo de cambios hacia fines del siglo XIX, y hay varios indicios de la intención de profundizar el estudio de la física. En 1870 Domingo F. Sarmiento emprende la contratación de extranjeros para instaurar la enseñanza de las ciencias, no solo con el fin de educar maestros capaces de transmitirla, sino también para realizar estudios avanzados. A la vez, se reforzaron estos estudios en las universidades, la Escuela Naval, el Colegio Militar, etc. En 1904 Joaquín V. González creó el Instituto Nacional del Profesorado Secundario, para el que contrató científicos alemanes, especialmente físicos²⁵. Sin pretender profundizar en la historia del curriculum en física, podemos decir que no fue sino hasta bien avanzado el siglo XX en que se logró cierta coherencia entre los modelos aceptados por la comunidad científica y la transposición didáctica presentada en los libros²⁶. De esto podemos inferir que el curriculum del secundario sufrió de un atraso con respecto a los avances de la física, cosa que no ocurrió a nivel universitario.

En tanto que se iniciaba por primera vez en Argentina la carrera de doctorado en física, en la Universidad Nacional de La Plata, bajo la presidencia de Joaquín V. González, hubo de sentar las bases del curriculum universitario en esa disciplina, en la intención de ampliar y profundizar los estudios en función de los grandes cambios científicos que estaban ocurriendo en el cambio de siglo. González contrató para esos efectos a Ricaldoni, a quien reemplazó más tarde por físicos europeos, en vistas de que el primero no lograba el cometido propuesto. La transición no fue fácil, como veremos más adelante, según lo testimonia la correspondencia intercambiada entre Ricaldoni y Emil Bose, el físico alemán que lo reemplazara en la dirección del Instituto de Física de la UNLP.

El manual de Ricaldoni comenzó también como un libro de texto para secundario y preparatoria, para ser propuesto posteriormente para su uso en los primeros años de la universidad. También estaba aprobado por las autoridades educativas de nivel secundario, y contenían un apéndice especial para el Colegio Nacional de la Universidad de Buenos Aires. Los textos son reproducidos, con cambios insignificantes, en otro de los manuales de Ricaldoni, los “Elementos de Física” – correspondiente al cuarto año de los Colegios Nacionales Elementales, plan de estudios de 1912 (segunda edición, 1928)²⁷. Sin embargo, los textos de Ricaldoni de nivel universitario “Complementos de Física”, no llegaron a publicarse, sino que figuran como “en preparación”, “para uso de las Facultades de Ciencias Físicas, Matemáticas y de Medicina”, cuando se lo cita en las primeras páginas de su libro “Elementos de cosmografía” de 1914.

No obstante, los “Apuntes de física” –y tal vez a falta de otras alternativas superadoras- se usaron posteriormente en los estudios de los primeros años de la universidad. Por ejemplo, en la UNLP el plan de estudios del Doctorado en física que incluía la materia Complementos de física, a cargo de Ricaldoni como profesor, y en la cual el programa de la materia resultó ser una copia textual del índice del libro. Dicho programa fue objetado fuertemente por los docentes alemanes a cargo del Instituto de Física. Los documentos dan cuenta de los adjetivos “anacrónico, enciclopédico y carente de contenidos en los temas más importantes del momento” al programa propuesto por Ricaldoni –y lo mismo se aplica por tanto a sus textos²⁸.

En ambos libros se incluyen adelantos científicos y tecnológicos recientes, pero con notables diferencias. Ganot (y posteriormente Georges Maneuvrier) actualizaba los textos con los nuevos desarrollos, apenas surgidos y presentados en las reuniones científicas realizadas en París, renovando cada edición. Esto hizo de este texto un libro único, pero a la vez suscitó

inconvenientes en el caso de instrumentos que fueron superados, o teorías que fueron sustancialmente modificadas. El texto reflejaba el debate existente en el mundo científico, lo que mostraba al conocimiento como en continua evolución. Sin embargo, aparecieron quejas acerca de la diseminación de un conocimiento no debidamente acabado. De hecho, puede verse la evolución de una determinada teoría en las sucesivas ediciones, como por ejemplo la interpretación teórica del calor. Esta característica fue algo inusual en su época y aún en el resto del siglo XX y el XXI, y una de las razones de la permanencia del libro en las librerías durante decenas de años.

Por el contrario, Ricaldoni no incluye las citas más significativas de cada tema, aunque refiere las presentaciones de algunos autores en reuniones científicas y ensaya sus propias interpretaciones, muchas de ellas incongruentes [y reflejo de una escasa interacción con otros investigadores](#). En algunos casos omite desarrollos importantísimos, algunos recientes y otros no tanto, sobre todo en lo concerniente a la estructura microscópica de la materia, mientras que incluye sus propias “investigaciones” sobre los contemporáneamente resonantes rayos Röntgen y el radium. Dichas investigaciones constaban de una serie de ensayos que realizaba en las instalaciones del Instituto de Física, a los que agregaba diseños tecnológicos de su propia invención efectuados en su taller particular. Algunos de estos desarrollos tuvieron amplia difusión, al menos en la prensa local, y le dieron fama de inventor.

Desde el punto de vista editorial, en ambos libros se apeló a buenas impresiones que incluyen la profusión de dibujos y grabados, utilizando la nueva técnica de grabado en madera, desarrollada en el Siglo XVIII y popularizada a partir de 1830. El de Ganot fue el primer libro en hacer uso extenso de esta técnica, que permite insertar imágenes en el texto en lugar de agruparlas en unas pocas hojas al final del libro, lo que facilita la lectura y la hace más amena. Muchos autores copiaron inmediatamente el proceso, pero hasta mucho tiempo después se siguió destacando esa técnica como novedad en el comienzo del libro. Ricaldoni incluye grabados similares, cuando no iguales: por ejemplo el de los hemisferios de Magdeburgo (Ganot p. 175, Ricaldoni p. 268). La diferencia es que en esa edición incorpora además planchetas coloreadas.

Figuras 1y 2. Ilustración de los hemisferios de Magdeburgo en los libros de Ganot y Ricaldoni, respectivamente.

Debe indicarse, sin embargo, que en los textos no se han encontrado coincidencias, aunque por la popularidad del texto de Ganot, puede suponerse que era conocido por Ricaldoni.

Por su versatilidad para ser usados en varios niveles de educación, los textos comparados poseen distintos niveles de lectura, algunos de los cuales están reservados para quienes dominan el cálculo algebraico y pueden ser obviados por el resto. Están marcados con asterisco en algunas ediciones y escritos con letra más pequeña en otras, y en el caso de Ganot no están incluidos en el nuevo curriculum del secundario pero si en la curricula de escuelas médicas y facultades de ciencias.

Desde el punto de vista pedagógico incluyen la novedad de presentar problemas resueltos, en la forma de ejercicios con sus soluciones. En Ganot están ubicados en una sección especial al final del libro, junto con un complemento de cambios de unidades. Contienen los problemas tomados en exámenes de algunas instituciones francesas, como la Escuela Especial Militar. En la edición de 1854 algunas soluciones detalladas están incluidas en el texto, y en la de 1885 los problemas resueltos paso a paso aparecen al final del libro mientras que en la de 1913 aparece escuetamente “la solución”. El libro de Ricaldoni contiene problemas resueltos en el mismo estilo y un apéndice “para satisfacer lo que exigen los programas de física del Colegio Nacional “Buenos Aires” (13 bolillas). En ambos textos los problemas están planteados como ejercicios matemáticos de sustitución en los que una ley física vincula la incógnita con los datos conocidos, en un algoritmo simplificado que excluye la discusión conceptual.

En cuanto a la descripción de los fenómenos, en ambos manuales se recurre siempre a observaciones macroscópicas, pero en Ganot se hace mención explícita a la estructura molecular, mientras que en Ricaldoni hay apenas unas mínimas alusiones a la existencia de moléculas. Ganot refiere interpretaciones de otros autores, mientras que Ricaldoni incluye las propias, aclarando que son provisionarias, pero muchas veces con interpretaciones incongruentes. Por ejemplo, introduce unas definiciones de materia en las que los puntos de vista macroscópicos y microscópicos aparecen entremezclados: “todos los átomos de todos los cuerpos son iguales en forma y substancia; pero que su agrupación se hace de una manera distinta, y de allí las diferentes propiedades de los cuerpos”. No establece distinción entre átomos o moléculas, y aclara que usará indistintamente las palabras átomo o molécula para referirse a “las últimas partículas de la materia”, añadiendo que “las moléculas no están yuxtapuestas sino separadas por pequeños intersticios o huecos llamados poros”²⁹.

Por el contrario, dice Ganot: “Llámase molécula a un grupo de átomos que representan la partícula más pequeña de una substancia químicamente definida que puede existir en el estado

individual y aislado”. “Los experimentos recientes de Perrin han hecho pensar que hay unas 70×10^{22} moléculas en un volumen molecular de cualquier gas”³⁰. Se refería a descubrimientos realizados alrededor de 1910, tres años antes de la edición del libro.

En el capítulo sobre los rayos Röntgen³¹ Ganot habla de una nueva hipótesis sobre la constitución de la materia: los corpúsculos negativos “que constituyen los rayos catódicos” han recibido el nombre de electrones. Describe el modelo planetario del átomo, pero dice que se pueden suponer otras disposiciones de los electrones alrededor del centro (que tiene carga positiva). Se refiere a los modelos propuestos por Hendrik Lorentz (1895), Joseph Larmor (1894), Eduard Riecke (1892), Paul Drude (1900) y luego William Thomson (1897). Puede afirmarse que ya en 1898 atomistas y energetistas habían llegado a un acuerdo al asociar la materia radiante (descubierta en los rayos x y la radioactividad) con los electrones. El modelo atómico propuesto por Thomson data de 1897, el de Ernst Rutherford de 1911 y el de Niels Bohr de 1913. Aún para quienes estaban al tanto de los nuevos desarrollos científicos, como Ganot, debe haber resultado difícil extraer y resignificar el estado de las teorías en boga. Sus textos muestran este estado de situación. Por todo ello, para algunos historiadores la influencia del Tratado de Ganot puede verse “en la gran contribución de Ganot a la difusión de la idea de realidad de átomos y moléculas” y en el despertar de vocaciones científicas³². Con respecto a esta segunda idea, no tenemos evidencia de la capacidad de Ricaldoni de motivar vocaciones, excepto la mención que hace Arlt en su novela, pero más ligada a un perfil de inventor que de científico.

Cabe alguna reflexión acerca de las concepciones de ciencia sugeridas por ambos autores a través de sus obras. Los textos de Ganot parecen pretender organizar los temas centrales de la Física y las discusiones generadas entre los científicos acerca de los conocimientos más recientes, enfatizando la utilización de instrumentos e incluyendo escasa matemática que la acompañe en su enseñanza y divulgación, reproduciendo visiones positivistas comunes a muchos científicos europeos del momento (sobre todo franceses). Resulta importante su esfuerzo por conectar los círculos de producción de conocimiento con aquellos más alejados de él a través de un lenguaje con matemática disminuida, compatible con los requerimientos de la escuela secundaria francesa y muy diferente de los de otros contextos (como los de Alemania o Gran Bretaña), intentando transmitir asimismo un “modo de pensamiento”³³. En los textos de Ricaldoni, la postura positivista no parece cuestionarse y coincide con las posturas filosóficas del entorno social en la zona del Río de la Plata de la época³⁴. Esto se ve reforzado en la disertación “Las tres unidades” en que las citas a Spencer (sobre todo) y

Comte (en menor medida) sirven de argumento a afirmaciones de Ricaldoni. Las posturas “spencerianas” confluyen fuertemente con las ideas dominantes de la élite social del Buenos Aires de principios de siglo³⁵ y con las establecidas por Joaquín V. González, empleador de Ricaldoni en el Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata. El énfasis puesto en su texto en la descripción detallada del uso de instrumentos específicos (incluso de equipos no incluidos en los textos de Ganot y que corresponden a los adquiridos para el Instituto de Física) sugiere que Ricaldoni imaginaba un lector con acceso a dicho equipamiento y refleja una postura pedagógica centrada en el aprendizaje a través de la experimentación, de manera análoga a Ganot y a los manuales sobre ciencia de la época, con escasa reflexión teórica y mucha aplicación. Sin embargo, y al igual que lo ocurrido en otras latitudes³⁶, se identifica claramente su preocupación por el contexto local y, coincidentemente con la élite social dominante, su idea de la ciencia como motor de progreso social³⁷.

Para el análisis del caso particular a profundizar se decidió incluir otro texto de Ricaldoni, consistente en una conferencia de divulgación científica organizada en la Biblioteca Pública de la UNLP en 1907³⁸. Las razones de esta inclusión se basan en la dificultad que se encuentra en la identificación de algunas interpretaciones de este autor respecto de algunos conceptos. Este texto, aunque escrito desde una perspectiva diferente, amplía algunas ideas que aparecen muy sucintamente en el manual.

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Si bien hay muchos temas en los que sería interesante hacer una comparación entre ambos autores, se focaliza en este caso en un tema de gran desarrollo tanto científico como tecnológico en la época de auge de ambos manuales: las ondas electromagnéticas. La teoría electromagnética generada por James Clark Maxwell había dado origen a un período de mucha actividad, tanto experimental como teórica, orientada a la búsqueda de conocimiento acerca de la naturaleza de los campos eléctricos y magnéticos. Maxwell condensó los desarrollos de Michael Faraday, Hermann Helmholtz y Ludwig Boltzman, entre otros, y logró resumirlos en un conjunto de ecuaciones que describían la propagación de los campos eléctricos y magnéticos a través del espacio y concluyó que lo hacían como ondas. Calculó la velocidad de las mismas y encontró que coincidían aproximadamente con la velocidad de la luz.

La transposición didáctica de esta teoría ha sido estudiada por Sonia Krapas³⁹ analizando varios libros de texto, que incluyen el de Ganot, y ha encontrado diferencias entre las distintas épocas. Básicamente, halló que a fines del siglo XIX había un mayor énfasis en los aspectos técnicos, como resultado del rompimiento de una tradición humanista de la enseñanza, haciendo que la educación en ciencias, en particular la de la física, tuviera un acento en la técnica, caracterizada por la descripción de máquinas y experimentos. Por el contrario, los manuales posteriores presentan un enfoque más conceptual, mientras que los más recientes los hacen articulando experimentos con teoría. Como ejemplo de esta tendencia, ha señalado cómo en la época del libro de Ganot se enfocaba la atención a los desarrollos de Hertz, para orientarla hacia la teoría de Maxwell a fines del siglo XX. Esta observación es consistente con la presentación que hace del tema Ricaldoni, quien cita las experiencias de Hertz y otros contemporáneos, pero no nombra a Maxwell.

En el capítulo correspondiente a “Oscilaciones eléctricas” Ganot cita las “ondas electromagnéticas”, al referirse a las experiencias de Nicola Tesla y Heinrich Hertz sobre la aparición de fenómenos de inducción en las inmediateces de corrientes rápidamente variables. Describe ambas experiencias, ilustrándolas con grabados de los dispositivos originales, y detalla su analogía con la luz por cuanto la medida de la velocidad de las ondas coincide con la de la luz (experiencia de Prosper-René Blondlot), y por los resultados de las experiencias de Augusto Righi y Jagadish Chandra Bose que muestran su capacidad de reflejarse, refractarse e interferir. Estas experiencias datan de alrededor de 1892, es decir, once años antes de la edición del libro. “Esta notable serie de experiencias”, concluye, “relaciona las oscilaciones eléctricas con los fenómenos luminosos. Las ondas electromagnéticas tienen todas las propiedades de una luz de grande longitud de onda (unas 3000 veces la de la luz verde en los experimentos de Righi)”⁴⁰.

La presentación que despliega el texto acerca de las ondas electromagnéticas fue cambiando en las sucesivas ediciones, y las últimas se basan en una descripción similar a la actual, aludiendo a la teoría electromagnética de Maxwell (1873), y afirma que “si se admite la identidad de la causa de las distintas radiaciones ultravioletadas, infrarrojas, visibles, electromagnéticas, se ve que pueden ordenarse estas radiaciones en una tabla como la siguiente en que, al mismo tiempo que las longitudes de onda, se indican los nombres de las diversas radiaciones estudiadas”. Cita una región del espectro del que se desconocen radiaciones entre 314 micrómetros y 3mm, y concluye que “estos experimentos confirman la teoría electromagnética de Maxwell”⁴¹.

En el capítulo XI, sobre vibraciones luminosas, descarta la teoría de la emisión de partículas para explicar los fenómenos luminosos y toma el modelo más “adecuado” de las ondulaciones, suponiendo que éstas se deben al estado de vibración de las moléculas, “y que estas vibraciones crean ondas que se propagan en un medio llamado *éter*. Este medio llena el vacío y los intervalos moleculares de los cuerpos transparentes. Las ondas luminosas producidas de este modo se reflejan y se refractan en las superficies de separación de los diversos medios”⁴².

En cuanto a Ricaldoni, se desprende de su texto una interpretación muy personal acerca del tema. No se definen con precisión las ondas electromagnéticas, pero en cambio el autor manifiesta su creencia de que los fenómenos de sonido, calor, luz, rayos catódicos, rayos Röntgen, electricidad y otros resultan “manifestaciones de la energía” y que esas manifestaciones resultan de “movimiento o vibraciones que se transmiten de un punto a otro”⁴³. Explica que la manifestación de cada uno de esos fenómenos se debe sólo a la diferente longitud de onda y número de vibraciones por segundo correspondiente a cada una, como manifestaciones de una única causa. Esta diferente longitud de onda, además, permitiría explicar la opacidad o transparencia de un cuerpo “para los distintos rayos acústicos, caloríficos, luminosos y eléctricos...”⁴⁴.

En este sentido, ya en su disertación de 1907, afirmaba este autor que “...las ideas actuales respecto de la constitución de la materia, son las de hace veinte años” (es decir, 1887) y que “... Los rayos X, la telegrafía sin hilos, el rádium, las corrientes de alta frecuencia, que son las últimas conquistas, todo, todo, se explica con la teoría de las ondulaciones...”⁴⁵.

En efecto, Ricaldoni afirma que “un cuerpo que vibra con pequeña rapidez nos da fenómenos acústicos; si la velocidad aumenta tenemos fenómenos caloríficos; si el movimiento se hace más rápido se tienen los fenómenos luminosos; si el movimiento es más rápido aún, se tienen los rayos Röntgen, y finalmente, si la velocidad de vibración es mayor se obtendrán los fenómenos eléctricos...”⁴⁶.

Resulta complejo aventurar una interpretación acerca del origen de esta concepción en Ricaldoni ya que en ningún otro texto de la época al que hayamos tenido acceso aparecen este tipo de ideas. Lo que sí queda claro es que la suposición de la existencia del *éter*, como medio necesario en la interpretación de todos estos fenómenos representables a través de modelos ondulatorios análogos al de las ondas mecánicas, aún se mantenía como hipótesis válida en los textos a pesar de dos décadas de antigüedad de las experiencias de Abraham Michelson y

Edward Morley (concretadas en 1887 y que, en 1907, sustentaron el Premio Nobel a Michelson).

En su disertación pública de 1907 Ricaldoni indica que "...todas las manifestaciones de la energía universal, son debidas a lo que llamé fuerza madre: la gravitación". Y añade que la "existencia de un cuerpo... se manifiesta por el sonido que produce, por el calor ó la luz que emite ó por las manifestaciones magnéticas ó eléctricas que presenta... Todas esas manifestaciones son producidas por una causa análoga, por un movimiento vibratorio de las moléculas de dicho cuerpo, transmitidas por intermedio de un cuerpo elástico ó por intermedio del éter, cuerpo al fin, aunque de una tenuidad infinita..."⁴⁷.

Si bien la idea expresada por Ricaldoni en la disertación de 1907 acerca de que "...todo, todo, se explica con la teoría de las ondulaciones..." remite a leyes herméticas, su interpretación unificada de fenómenos tan disímiles como sonido, calor, luz, rayos Röntgen y electricidad a través de un continuo de frecuencias de oscilación quizás tenga que ver con el tipo de discusiones suscitadas a fines del siglo XIX y principios del XX en relación con la existencia y características de las ondas electromagnéticas y su repercusión (quizás tardía) en el Río de La Plata.

En una disertación de 1884, William Thomson (Lord Kelvin) ilustra a una audiencia no científica acerca de las características de las ondas de sonido y las ondas de luz⁴⁸. En ella asocia el sonido con los cambios en la densidad espacial del aire y la luz (y análogamente el calor radiante) con los cambios en la densidad del éter luminífero. En algunos tramos de su conferencia, Lord Kelvin sugiere una interpretación análoga a la de la luz para los fenómenos eléctricos pero sin una descripción teórica (en otro trabajo, de 1902, Kelvin postula la existencia de una especie de "éter eléctrico"⁴⁹, compuesto de partículas que denomina "electrión", término muy parecido a uno de los 12 estados de la materia incluidos en el texto de Ricaldoni).

En el texto de Ganot de 1885 queda reflejada esta interpretación de Kelvin acerca de las ondas asociadas a la luz, con un fuerte énfasis en la existencia del éter luminífero⁵⁰. Cabe preguntarse si habrá Ricaldoni (y/o su entorno de discusión científica) interpretado estas argumentaciones de Kelvin (y su trasposición didáctica en Ganot) de modo de unificar todos estos fenómenos en una única explicación asentada en la representación de ondas mecánicas.

Por otra parte, tanto Ricaldoni como Ganot hacen referencia a las experiencias de Tesla de descargas oscilantes; el primero ilustra con una fotografía del instrumental del Instituto de Física de la UNLP y cita experiencias llevadas a cabo repitiendo los experimentos indicados por Tesla “y otros más que han sido ideados en dicho Instituto”. Ambos citan las experiencias de Hertz, mientras que Ricaldoni escribe: “para cada chispa que estalla (entre las esferas del aparato de Hertz) se originan dos sistemas de ondas; uno eléctrico y el otro magnético” aludiendo a la interpretación ondulatoria de estos fenómenos. Habla de las líneas de fuerzas eléctricas y magnéticas, en planos perpendiculares. Cuando describe el receptor, indica que en él se produce una chispa, “debido a la inducción electrostática”, o “debido a las variaciones del flujo magnético” y “según la orientación del anillo receptor”. No une ambos fenómenos en una onda, pero afirma que “las vibraciones eléctricas son análogas a las vibraciones luminosas y la velocidad de propagación es igual a la de la luz”, y cita la reflexión, refracción, etc., completando la analogía entre luz y ondas eléctricas.

Resulta importante destacar a esta altura que Ricaldoni participó como pionero en el país en desarrollos vinculados a la telegrafía sin hilos. Sin embargo, pareció hacerlo desde la empiria, mientras que el marco teórico desde el que podía abordarlo era, según se desprende de su texto de física, al menos confuso. Esto de ninguna manera implica que no estuviera en condiciones de concretar desarrollos tecnológicos (hay muchos ejemplos de este tipo de situaciones en la historia de la Física, por ejemplo entre la puesta en funcionamiento y el sustento teórico termodinámico de las locomotoras). Sin embargo, en lo que atañe a este caso se vincula más con su traslado a libros de texto y su uso en aulas de ciencias, por lo que interesan estas interpretaciones, divergentes con los desarrollos posteriores (que hoy conocemos) de estas ideas científicas, que pueden haber incidido en la cultura científica de la sociedad en la que Ricaldoni y sus textos estaban inmersos.

Por ser especialmente ilustrativos de las ideas de Ricaldoni, se analizan los párrafos dedicados a la explicación de la interacción de la luz y los rayos Röntgen (descubiertos por Wilhelm Röntgen en 1895) con la materia⁵¹. En el esquema que ilustra el caso se presenta el rayo luminoso como una senoide que se desplaza de izquierda a derecha, mientras que un conjunto de puntos uniformemente distribuidos representan las moléculas del cuerpo.

Figura 3. Representación gráfica de la interacción entre ondas y materia que corresponde a la figura 205 del libro de Ricaldoni, con el epígrafe: Opacidad y transparencia.

Refiriéndose al modelo que representa la interacción explica que, según la relación entre la longitud de onda de luz incidente y la separación entre las moléculas, “vemos que el rayo de luz L’ atravesará dicho cuerpo mientras que el rayo del Röntgen R’ se verá interceptado, pues chocará con ellas”. De este modo, interpreta la interacción meramente como un choque mecánico entre algo que se desplaza en forma ondulante, que representaría la luz y los rayos Röntgen, contra las moléculas quietas. Concluye Ricaldoni: “Luego vemos que aceptando esto se tiene la *explicación de la opacidad y transparencia* de los cuerpos para los distintos rayos, acústicos, calóricos, luminosos y eléctricos”.

De su explicación surgen evidencias muy particulares acerca de sus concepciones de ondas y materia, como si las primeras fueran una suerte de fluidos incidiendo sobre partículas quietas con las que interactúan sólo mecánicamente, pasando entre ellas o chocando. Se trata de una interpretación que no encontramos en otros autores. Por ejemplo en otro manual de la época, escrito por Ignacio González Martí⁵², al hablar de “Electrología, ondas eléctricas, u ondas hertzianas”, las presenta al estilo de Ganot, con referencia a los experimentos de Heinrich Hertz, Prosper-René Blondlot y otros. En el párrafo correspondiente a la velocidad de propagación de las ondas hertzianas, habla de las diversas medidas realizadas y de su coincidencia aproximada con la velocidad de la luz. Concluye: “Esta coincidencia de fenómenos, al parecer, tan diferentes ha venido a confirmar una hipótesis emitida antes por el eminente físico inglés Maxwell, según la cual, los fenómenos eléctricos y luminosos no son sino formas distintas de manifestarse de una misma causa: en ella se admite que, entre las oscilaciones eléctricas y las vibraciones del éter, productoras de la luz, no hay otra diferencia que la establecida por ser las primeras mucho más lentas que las segundas, y más lentas aún que las que producen fenómenos caloríficos”. Se ve que en los diversos autores hay alusiones al éter, mientras que la asociación de sonido, calor, luz y electricidad como un mismo fenómeno aparece sólo en Ricaldoni.

CONCLUSIONES

Los textos de Ganot han sido de los más usados en la enseñanza secundaria de la física a fines del siglo XIX y principios del XX tanto en Europa como en el nuevo mundo. A nivel regional sudamericano puede decirse lo mismo para los libros de Ricaldoni. De modo que analizar estos textos puede dar una idea del estado del arte en la enseñanza de la física en el cambio de

siglo. Si las ideas de Ricaldoni son de su propia cosecha o reflejan un conjunto de representaciones comunes a un grupo de personas no es una cuestión fácil de determinar. Por otro lado, parecen conceptos que pretenden dar cuenta, aún con contradicciones y ambigüedades, muy a la distancia y sin las herramientas teóricas necesarias, de los notables cambios que experimentaba la física que se desarrollaba en los centros europeos.

Las dificultades de un aprendizaje centrado en el manual de Ricaldoni se tornan evidentes dadas sus explicaciones, muchas veces de un carácter dogmático y contradictorio, con escasez de argumentación teórica coherente y énfasis en deducciones a partir de experiencias no del todo claras, y seguramente han tenido efecto sobre varias generaciones de argentinos.

Una clave para entender las diferencias entre ambos textos está en distinguir la diferencia entre el desarrollo histórico de una idea (o conjunto de ideas) perteneciente a una disciplina científica y el desarrollo histórico de su trasposición didáctica⁵³. Así vemos que, a caballo de las discusiones sobre la existencia del éter y el salto de abstracción implícito en las ideas de ondas electromagnéticas, el texto de Ganot refleja las dificultades de la trasposición didáctica en relación con nociones que la comunidad científica aún no tiene cerradas. Mientras tanto, el texto de Ricaldoni agrega que las interpretaciones acerca de esas nociones no siempre convergen y pueden convertirse en anclajes para muchas de las ideas alternativas que abundan en el uso coloquial de términos emparentados con el lenguaje científico⁵⁴. Así, su discurso exhibe una autoridad indiscutible, capaz de predecir los próximos aciertos científicos –por ejemplo, insistiendo en que el futuro de la navegación aérea no está en los ensayos de los aeroplanos de Santos Dumont⁵⁵, o que los rayos X podrán ser usados para permitir la visión a personas ciegas: -“así sucederá”, asegura Ricaldoni⁵⁶.

Esta situación, además y en el caso de Ricaldoni, queda inmersa en un contexto sociopolítico particular del Río de La Plata⁵⁷ en el que, al dilema de la distinción entre investigadores e inventores en cuanto al desarrollo de la ciencia, se le suma la lucha de una pequeña comunidad científica por avanzar, a principios del siglo XX, en el progreso de las disciplinas científicas, desde la artesanal elaboración de concepciones locales a la intención de trascender a lo universal⁵⁸. Las ideas que Ricaldoni vuelca en sus textos para la enseñanza secundaria parecen lejanas de las que hoy resultan contenidos deseables; sin embargo, se debe tener en claro que los cambios profundos que se produjeron en las últimas décadas del siglo XIX y principios del XX respecto de las ideas de la Física no se estabilizaron hasta bien entrado este

último siglo y su trasposición didáctica aún no ha encontrado el camino más adecuado para su enseñanza.

Cecilia von Reichenbach y Osvaldo Cappannini, doctores en Física, son investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Dirección: C.C. 67 (1900), La Plata, Argentina. Correo electrónico: cecilia@fisica.unlp.edu.ar y omcappa@gmail.com. M.C. von Reichenbach se desempeña en el Museo de Física del Departamento de Física y O.M. Cappannini en el Taller de Enseñanza de Física del Departamento de Física.

NOTAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹ DE ASÚA, Miguel. *Una gloria silenciosa*. Dos siglos de ciencia en Argentina. 1ª ed., Buenos Aires Libros del Zorzal, 2010.

² GVIRTZ, Silvina; AISENSTEIN, Ángela; BRAFMAN, Clara; CORNEJO, Jorge; LÓPEZ ARRIAZU, Francisco; RAJSCHMIR, Cinthia, y VALERANI, Alejandra. *El color de lo incoloro: miradas para pensar la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Novedades Educativas. 2000.

³ CORNEJO, Jorge y LÓPEZ ARRIAZU, Francisco. El libro de texto como documento histórico, en SAHE, *Anuario de la Sociedad Argentina de Historia de la Educación*, Buenos Aires, 2005.

⁴ NUÑEZ, Pablo Adrián y CORNEJO, Jorge. La enseñanza de la mecánica en la escuela media: la evolución histórica de los textos (1840-2000). *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 19 n.2, 2006, p.35-46.

⁵ KANTHINE –LANGLOIS, Françoise, *One Century of Physics through a Popular Textbook: Ganot's Treatise of Physics*. http://www.societechimiquedefrance.fr/img/pdf/Langlois_Ganot_SFC_trad_anglais.pdf consultado el 14/06/2013.p.1.

⁶ CORNEJO, Jorge y LÓPEZ ARRIAZU, Francisco. La enseñanza de la Física en Escuela Media Argentina (1880-1930): un análisis desde los manuales escolares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, España, v. 9, n.1, 2009, p. 326-341. <http://www.webs.uvigo.es/reec>. p. 326.

⁷ KRAPAS, Sonia. Livros didáticos: Maxwell e a transposição didática da luz como onda eletromagnética. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, Brasil, v.28, n.3, p.564-600, 2011.

⁸ HOLBROW, Charles. Archeology in the bookstack: some major introductory physics texts of the last 150 years. *Physics today*, March 1999, p. 50-56.

⁹ CORNEJO, 2009, op. cit.

¹⁰ CASTEL, Josep Simon. *Communicating Physics: The Production, Circulation and Appropriation of Ganot's Textbooks in France and England (1851-1887)*, Pickering & Chatto, *Science and Culture in the Nineteenth Century*: 13. 2011.

-
- 11 RAMOS LARA, María Paz. Teaching Physics with the textbook *Traité élémentaire de physique* (Ganot) in Mexico in the XIX century. *Science and culture, book of proceedings of the 11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conference*. Thessaloniki, Greece: Edited by Fanny Seroglou, Vassilis Koulountzos and Anastasios Siasstras, 1-5 July 2011. p. 623-625.
- ¹² VON REICHENBACH, María Cecilia, LÓPEZ D'URSO, Mónica y HARA, Miriam. Tebaldo Ricaldoni: ¿inventor o científico? *Saber y Tiempo*, revista de Historia de la ciencia, Buenos Aires, Vol. 4 N° 13. Junio 2002, pp. 73-93.
- ¹³ KANTHINE –LANGLOIS, op. cit. p.1.
- ¹⁴ MATTALONI, Marcelo. Profesor Tebaldo J. Ricaldoni. En *Contribución al estudio de las ciencias Físicas y Matemáticas*, La Plata, III, 6^a, p. 499, 1926.
- ¹⁵ RODWELL, G. F. Ganot's physics. En *Nature*, p 285-287, 1872.
- ¹⁶ MATTALONI, op. Cit. p. 498.
- ¹⁷ CASTIÑEIRAS, Julio. *Historia de la Universidad Nacional de La Plata*. Publicación oficial de la UNLP. La Plata, 1985, tomo I, p. 310.
- ¹⁸ ARLT, Roberto. *El juguete rabioso*. Espasa Calpe, Buenos Aires, 1993.
- ¹⁹ GANOT, Adolphe y MANEUVRIER, Georges. *Tratado elemental de física*. Librería de Ch. Bouret, Paris, ediciones de 1885 y 1913.
- ²⁰ RICARDONI, Tebaldo. *Apuntes de Física*. Buenos Aires, 1908. Editorial Estrada. Dos volúmenes.
- ²¹ MILLIKAN, Robert A., *Mechanics, molecular physics and heat*, Scott, Foresman, Chicago, 1920.
- ²² MATTALONI, op. cit. p. 498.
- ²³ SIMON Josep & HERRAN, Néstor. (eds.) *Beyond Borders: Fresh Perspectives in History of Science*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2008, p.9.
- ²⁴ SIMON, Josep. *Physics Textbooks and Textbook Physics in the Nineteenth and Twentieth Centuries*. En Fox, R. and J. Buchwald. *The Oxford Handbook of the History of Physics*. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- ²⁵ FERRARI, Roberto. Un caso de difusión en nuestra ciencia. Presencia de científicos alemanes en el Instituto Superior del Profesorado Secundario (1906-1915) y de sus discípulos en la Facultad de Química Industrial de Santa Fe (1920-1955). *Saber y Tiempo*, 4, vol. 1, pp. 423-448, 1997.
- ²⁶ CORNEJO, Jorge y LÓPEZ ARRIAZU, Francisco. *La enseñanza de la Física en la Escuela Media Argentina (1880-1930): un análisis desde los manuales escolares*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2009, 8 (1), 326-341.
- ²⁷ RICARDONI, Tebaldo. *Elementos de Física*. Buenos Aires. Editorial Estrada, 1912.
- ²⁸ BOSE, Emil, nota enviada a Ricaldoni, 3/6/1909, Libros Copiadores del Instituto de Física UNLP 1910, nota n° 13, pp. 54 y 55. RICARDONI, Tebaldo. Carta a Emil Bose, Director del Instituto de Física, 10/7/1909; HEIBERG Margrete. Carta asesorando a Emil Bose 14/12/1910, ambas cortesía del Dr. Eduardo Ortiz, Imperial College, UK, 2015.
- ²⁹ RICARDONI, op. cit. p.11.
- ³⁰ GANOT, op.cit. p. 32.
- ³¹ GANOT, op.cit. p. 788.
- ³² KANTHINE-LANGLOIS, op. cit. p. 5.
- ³³ SIMON, Josep. Popularizing Science and Technology in the European Periphery, 1800–2000. En *Circumventing the 'Elusive Quarries' of Popular Science: The Communication and Appropriation of Ganot's Physics in Nineteenth-Century Britain*, páginas 80-114. Eds. Papanelopoulou, F.; Nieto-Galan, A. y Perdiguero, E. Ashgate Publishing Limited: Surrey, Inglaterra, 2009, pp 95-100.

-
- ³⁴ ORTIZ, Eduardo. The emergence of theoretical physics in Argentina, Mathematics, mathematical physics and theoretical physics, 1900-1950. En *Proceedings of Science, Quarks, Strings and the Cosmos - Héctor Rubinstein Memorial Symposium*, Alba Nova, Stockholm, Suecia, 9 al 11 de agosto de 2010, pp. 3-4.
- ³⁵ MARTÍNEZ DE CODES, Rosa María. El positivismo argentino: una mentalidad en tránsito en la Argentina del Centenario. En *Quinto centenario*, número 14, Universidad Complutense de Madrid, 1988, pp. 193-226, p.218.
- ³⁶ SIMON, 2008, op. cit. p 161.
- ³⁷ MARTÍNEZ DE CODES, op. cit., p. 226.
- ³⁸ RICALDONI, Tebaldo. *Las Tres Unidades*, conferencia dada en el salón de la Biblioteca Pública de la UNLP, el 18 de agosto de 1907, Biblioteca Nacional, Sala de Referencistas, 281035. 1907.
- ³⁹ KRAPAS, op.cit. P. 578-579.
- ⁴⁰ GANOT, op. cit., p. 810.
- ⁴¹ GANOT, op. cit., p. 811.
- ⁴² GANOT, op. cit., p. 559.
- ⁴³ RICALDONI, Apuntes, op. cit., p 238.
- ⁴⁴ RICALDONI, Apuntes, op. cit., p. 239.
- ⁴⁵ RICALDONI, *Las Tres Unidades*, op. cit., p.9.
- ⁴⁶ RICALDONI, Apuntes, op. cit., p. 239.
- ⁴⁷ RICALDONI, Conferencia, p.14.
- ⁴⁸ THOMSON, William (Lord Kelvin), The wave theory of light [a lecture delivered at the Academy of Music, Philadelphia, under the auspices of the Franklin Institute, September 29th, 1884]. En *Scientific papers, The Harvard Classics, 1909-14*.
- ⁴⁹ THOMSON, William (Lord Kelvin), Aepinus atomized; en *Philosophical Magazine*, Edimburg, Dublin, 1902, Vol III, n15, p. 257.
- ⁵⁰ KRAPAS, op.cit. P. 574.
- ⁵¹ RICALDONI, Apuntes op. cit. pp.238, 239.
- ⁵² GONZALEZ MARTI, Ignacio. *Tratado de Física general*, tomo segundo, Madrid, 1905, p.177.
- ⁵³ CHEVALLARD, Yves. *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique, 1998.
- ⁵⁴ VON REICHENBACH, Cecilia y CAPPANNINI, Osvaldo. Los grandes cambios en la física de comienzos del siglo XX y su impacto en la educación en Argentina. Análisis de los conceptos de materia e interacciones en textos de T. Ricaldoni, presentado en las *VI Jornadas de Historia de la Ciencia Argentina*, Buenos Aires, UNTREF, 2012.
- ⁵⁵ RICALDONI, Apuntes, op. cit. p 310.
- ⁵⁶ RICALDONI, Apuntes, op. cit. p 254.
- ⁵⁷ ANDRINI, Leandro. Ideas, ideologías y marcos conceptuales contemporáneos a la gestión de Tebaldo Ricaldoni. *Saber y tiempo, revista de historia de la ciencia*, Buenos Aires, v.3, n.12, 2001.
- ⁵⁸ BADAGNANI, Daniel. Condiciones de producción científica en la primera década del siglo XX: el proceso de profesionalización de la física en la UNLP. Presentado en las *Jornadas "Literatura Argentina: cien años dando cátedra"*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Humanidades. Mar del Plata, 13 y 14 de agosto de 2013.