

#05

PATRICIO LEYTON ALVARADO

Universidad Alberto Hurtado
Santiago, Chile

leyton.patricio@gmail.com

LA RECEPCIÓN DE LOS RAYOS X EN SANTIAGO DE CHILE: CIRCULACIÓN Y APROPIACIÓN DE LA FÍSICA EXPERIMENTAL A FINES DEL SIGLO XIX

The reception of X-rays in Santiago de Chile: circulation and appropriation of experimental physics in the late nineteenth century

Resumen

En este artículo abordamos el proceso de difusión y apropiación del conocimiento científico a través de la replicación y divulgación del experimento de los rayos X realizado por el físico alemán Wilhelm Röntgen. Para lograr este cometido, hemos analizado la recepción que tuvo este ensayo científico en Santiago de Chile por la comunidad científica nacional, representada por los profesores de la Universidad de Chile, Arturo Salazar y Luis Zegers, quienes reprodujeron el hallazgo del científico germano. Y además, estudiamos la propagación de la noticia a la ciudadanía capitalina efectuada por el periódico *El Ferrocarril*, principal medio de prensa de fines del siglo XIX. En este sentido, consideramos el rol que jugaron los expertos y los legos en la apropiación y aclimatación del experimento con los rayos X, indicando que la actitud de estos actores no fue pasiva, sino que más bien respondió a los intereses y a las capacidades tecnológicas del contexto social en que se difundió.

Palabras claves

Difusión, recepción, adaptación, experimento, rayos X.

Abstract

The reception of X-rays in Santiago de Chile: circulation and appropriation of experimental physics in the late nineteenth century

In this article in which we approach the process of dissemination and appropriation of scientific knowledge through replication and dissemination of the experiment of X-rays by german physicist Wilhelm Röntgen. To achieve this goal, we have analyzed the reception that this scientific paper in Santiago de Chile by the national scientific community, represented by professors from the University of Chile, Arturo Salazar and Luis Zegers, who reproduced the finding of the german scientist. And besides, we studied the spread of the news to the capital's citizenship made by the newspaper *El Ferrocarril*, main media outlet of the late nineteenth century. In this sense, we consider the role played by experts and laymen in the appropriation and acclimatization experiment with X-rays, indicating that the attitude of these actors was not passive, but rather responded to the interests and technological capabilities social context in which they spread.

Keywords

Dissemination, reception, adaptation, experiment, X-ray

01. Introducción

El experimento llevado a cabo el día 8 de noviembre de 1895, por el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, con el tubo de rayos catódicos, permitió uno de los descubrimientos científicos más importantes de fines del siglo XIX, consistente en una radiación electromagnética que poseía la propiedad de ser invisible al ojo humano y dado su carácter desconocido fue denominado como rayos X. Además, esta experiencia pronto fue replicada en otros países de Europa y también en América, recibiendo este evento cobertura en la prensa internacional y los resultados del experimento tuvieron una aplicación práctica en muy poco tiempo.

Chile, en este aspecto, no estuvo ausente, puesto que tras unos meses el descubrimiento de Röntgen fue reproducido en la ciudad de Santiago por los profesores de la Universidad de Chile, Luis Ladislao Zegers y Arturo Salazar, los cuales obtuvieron los mismos resultados que el físico alemán¹. Junto a esto, la prensa capitalina, representada por el periódico *El Ferrocarril*, difundió la experiencia de los rayos X a sus lectores y al resto de la ciudadanía. Sobre este acontecimiento proponemos que la recepción del ensayo de Röntgen tuvo un doble cariz, debido a que por una parte éste fue duplicado por parte de la comunidad científica chilena, personificada en los dos académicos de la universidad estatal, y por otra fue divulgado en los matutinos santiaguinos, en especial en *El Ferrocarril*, haciendo de la propagación de la experiencia con los rayos X un acontecimiento científico que involucró a expertos como a legos.

En consecuencia, el objetivo que nos planteamos en este artículo es analizar la circulación del conocimiento a partir de la adaptación de éste al contexto social chileno y la significación que tuvo el experimento de Röntgen de parte de los científicos nacionales y de la prensa local. Asimismo, examinaremos la validez de la experimentación científica como forma de comprender a la realidad natural y las dificultades que trae consigo la replicación de ésta en un escenario cultural distinto al europeo.

02. La circulación del conocimiento y el experimentalismo

La historiografía de la ciencia tradicional, la cual se gestó a partir de los trabajos de George Sarton, ha considerado muy poco la circulación de los saberes y de las ideas, desde los centros de producción hacia las periferias y en particular la forma en que éstos son apropiados y aclimatados a los contextos sociales locales por los actores que participan en dicho proceso (Kragh, 1989). En este sentido, la nueva historia de la ciencia o historia cultural de la ciencia ha criticado la supuesta actitud pasiva que los sujetos habrían tenido frente a los saberes provenientes desde Europa, como ha sostenido el historiador de la ciencia colombiano, Mauricio Nieto, para el caso Latinoamericano, los modelos de difusión de la ciencia occidental han sido entendidos de forma lineal y progresivo, los cuales no han reflexionado sobre los intereses y mecanismos que hacen de las prácticas científicas formas de apropiación y control de parte de los agentes locales (Nieto, 1995: 8). Por lo tanto, la circulación de la epis-

1 Unos meses después el experimento fue replicado por el médico chileno, José María Anrique, quien realizó tres ensayos en 1896 (Anrique, 1898).

teme estaría sujeta a la utilización que cada grupo social efectuaría sobre ésta y a los designios y condicionantes según las circunstancias en que ésta se desarrolló. En este aspecto, los trabajos en historia de la ciencia sobre la realidad Latinoamericana han demostrado la situación anteriormente descrita (Saladino, 2015).

A lo anterior se suma que la antigua historia de la ciencia se ha centrado en los resultados científicos y no como éste se ha generado, obviando la participación de los distintos actores en la producción del conocimiento. De esta manera, uno de los elementos que ha venido a rescatar la historia cultural de la ciencia es precisamente la forma en que se construye el saber científico, entendiendo que éste es una actividad que se desplaza y comunica de un lugar a otro, a través de diversas redes de circulación, en este proceso no solo están presente los científicos, sino que también en él están incluidos objetos, ideas y personas que en conjunto posibilitan el desarrollo de la actividad científica (Dear, 1995: 153-154)). Por otra parte, los nuevos enfoques históricos sobre la ciencia plantean que existe una tensión entre la universalidad y la localidad en que se producen las prácticas científicas, debido a que “el conocimiento científico, para ser considerado como tal, aspira a ser válido en cualquier sitio e independiente de cualquier circunstancia. Pero, al mismo tiempo, necesariamente es creado –y recreado– en lugares concretos” (González & Pohl-Valero, 2009: 7). El científico, en efecto, es un profesional que interactúa en un espacio social que está mediado por una serie de intereses que pueden afectar las prácticas de su propia disciplina o incluso

sus propias teorías. Estos intereses estarían relacionados con que la labor del científico depende del aparato financiero y político, los que ejercerían presión sobre este campo haciendo que este experto actúe de acuerdo a los fines de éstos (Solís, 1994: 41-42)

La circulación del saber y su posterior difusión social, de acuerdo a los planteamientos de la nueva historia de la ciencia, no sería del todo neutra, ya que en ella influirían aspectos de tipo ideológico y político haciendo del conocimiento de la naturaleza una actividad que estaría lejos de la pretendida objetividad que ésta supone. Lo que existiría, más bien, es un proceso de apropiación por parte de las comunidades locales según sus propias necesidades (Herran & Simon, 2009: 153). Si bien hay un contexto social que puede determinar ciertas prácticas en la ciencia, creemos, sin embargo, que la tensión entre lo local y la universalidad que se produce al momento de propagarse desde el centro a la periferia no resulta del todo unívoca, puesto que al momento de arribar a una sociedad en particular los científicos tratan de seguir los parámetros propios de la comunidad internacional, obteniendo resultados similares a sus pares en el extranjero, tal y como aconteció para el experimento con los rayos X que se llevó a cabo en Santiago a fines de marzo de 1896.

La reproducción de los experimentos en la física, como forma de comprensión de la naturaleza, por otra parte, ha sido uno de los componentes más problemáticos para la historiografía de la ciencia actual, pues la replicación de éstos bajo diversas circunstancias sociales y

materiales, han hecho que la uniformidad en que se deben practicar las experiencias y los resultados que se deben obtener una vez realizadas no sean concordantes de un lugar a otro, poniéndose en tela de juicio la supuesta universalidad que los ensayos científicos deben poseer. Un ejemplo sobre este punto es el estudio efectuado por Steven Shapin y Simon Schaffer sobre la reproducción del experimento con la bomba de vacío en Inglaterra en el siglo XVII, y la dificultad que éste tuvo para ser repetido en otros lugares (Shapin & Schaffer, 2005: 309-381).

Uno de los inconvenientes que deben sortear los experimentos para que sean duplicados, bajo cualquier condición, son las limitaciones de tipo técnicas, dado que no todas las sociedades tienen acceso a las mismas tecnologías o carecen del capital humano adecuado para replicar las experiencias científicas. Además, se agrega a esta dificultad que “los resultados experimentales pueden quedar anticuados debido a avances en la tecnología, pueden ser desechados por adelantos en la comprensión (que hacen que una cierta disposición experimental pueda ser inadecuada) y pueden ser rechazados por irrelevantes cambios en la comprensión teórica” (Chalmers, 2000: 29). De esto se desprende que los obstáculos que presentan los ensayos científicos en su repetición son de tipo material y de resultados, puesto que no todos los contextos sociales presentan similares avances técnicos y los productos obtenidos una vez efectuado el experimento no son necesariamente semejantes a los conseguidos en otros lugares.

Los resultados alcanzados en una experiencia no son fáciles de conseguir, ni son infalibles, tampoco su importancia se puede ver a corto plazo, pero es la forma que la ciencia ha adoptado para verificar y adecuar las teorías científicas (Chalmers, 2000: 37). Aunque también es posible que la consecuencia de un ensayo en laboratorio traiga consigo una anomalía que no estaba en los planes del experimentador y que conmocione a la comunidad científica internacional, tal y como aconteció con el descubrimiento de los rayos X y su posterior difusión (Kuhn, 1982: 100-103).

03. Algunos aspectos acerca del experimento de los rayos X

El ambiente científico en que se desarrolló el experimento de los rayos X fue en un contexto intelectual basado en el fin de la interpretación del universo a la manera de un arquitecto o ingeniero, como ha mencionado el historiador Eric Hobsbawm, en este aspecto, la ciencia de finales del siglo XIX había construido “un edificio basado en “los hechos”, sostenido por el firme marco de las causas determinantes de efectos y por “las leyes de la naturaleza” y construido con las sólidas herramientas de la razón y método científico” (Hobsbawm, 1998: 253), lo que trajo consigo una visión más precisa sobre la naturaleza. Asimismo, se dio un proceso de institucionalización de la actividad científica en varios países de Europa, siendo uno de los primeros en establecerse Alemania, lugar de residencia de Röntgen, principalmente en lo referente a los estudios de física y electricidad, a través de la creación de laboratorios, cá-

tedras universitarias y sociedades científicas (Sánchez, 1992: 45-70).

Los avances en física perduraron durante todo el siglo XIX, en especial en lo referente a los trabajos con el electromagnetismo realizados por Michael Faraday y James Clerk Maxwell. El primero postuló el concepto de física de campo, consistente en que el espacio que rodea a un cuerpo o a una partícula era una extensión de la partícula misma, en contraposición a la teoría newtoniana que planteaba el movimiento de los cuerpos estaba determinado por la interacción de fuerzas a través del espacio. Además, las fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitacionales detectadas en los campos se les denominan como campo eléctrico, magnético o gravitacional (Trabulse, 2006: 26-27). Mientras que el segundo le dio forma matemática a las hipótesis de Faraday sobre la electrodinámica y el magnetismo, describiendo los campos eléctricos y magnéticos mediante un conjunto de ecuaciones representando a los campos en coordenadas de espacio y tiempo (Trabulse, 2006: 27). La labor científica efectuada por Röntgen en Alemania se vincula con las experiencias con electricidad practicadas en los laboratorios en Europa, en especial con los rayos catódicos, de los cuales el físico germano en noviembre de 1895 realizó un experimento utilizando un tubo de vacío perfeccionado recubierto con una fina cartulina negra, debido a que se pensaba que los rayos catódicos debían ser ondas, que a diferencia de las partículas, no dejaban algún tipo de huella de su paso. Por lo cual, la idea de Röntgen era bloquear el paso de la luz incandescente que se producía dentro del tubo con el fin de

detectar el más leve rasgo de rayos catódicos que pudiera ingresar por el vidrio, junto a esto, el científico alemán había dejado una pantalla de papel pintada con cianuro de platino y bario que se volvía fluorescente cuando este tipo de rayos impactaban en su superficie, la que se empleaba habitualmente para este tipo de ensayos. Sin embargo, la pantalla había sido dejada a un lado del aparato, fuera de la línea de impacto de los rayos catódicos, puesto que ésta no tenía relación con el experimento que estaba elaborando. Mientras continuaba con la experiencia, vislumbró que la pantalla adquiriría un brillo fluorescente cuando el tubo de vacío estaba funcionando con el laboratorio a oscuras. Posteriormente, tras meticulosas investigaciones, llegó a la conclusión que había descubierto un nuevo fenómeno, presentando un informe a la Sociedad Físico-Médica de Würzburg el 28 de diciembre de 1895, publicándose enero de 1896. Röntgen llamó a su descubrimiento como rayos X, mientras que los alemanes lo denominaron como rayos Röntgen. Estos rayos causaron la atención de los medios en gran medida por la capacidad que tienen para atravesar el cuerpo humano y proporcionar imágenes fotográficas del esqueleto (Gribbin, 2006: 404).

04. La ciencia en el Chile de fines del siglo XIX

Hacia fines de siglo decimonónico la ciencia en Chile estaba influenciada por la corriente filosófica positivista, la cual comenzó a cultivarse a partir del año 1865 y su influjo duró hasta la década de 1920, la principal característica de esta tendencia intelectual fue de crítica y oposición a la tradición de la Iglesia Católica y de

promoción de la secularización de la sociedad (Jaksic, 2013: 93). Además, ésta tuvo un desarrollo en pequeños círculos intelectuales fuera de los claustros universitarios (Jaksic, 2013: 91). Si bien los cultores del positivismo fueron un grupo reducido de personas, éstos ocuparon cargos de importancia en corporaciones educacionales, en instituciones estatales y en organizaciones culturales, siendo para ellos la filosofía positiva una actitud mental y una creencia compartida. De acuerdo con Bernardo Subercaseaux los positivistas nacionales pensaban que “el progreso representaba el destino final de la historia; y la razón, la educación, la ciencia, la industria eran los mecanismos fundamentales para lograr la inscripción del país en ese curso” (Subercaseaux, 2011: 398-399.).

La importancia que tuvieron los positivistas chilenos para la ciencia nacional fue que éstos promovieron la educación científica en las escuelas secundarias con el fin de neutralizar, y hasta eliminar, los vestigios educacionales de contenido religioso (Jaksic, 2013: 99). En esta materia, destacó la figura del educador e historiador Diego Barros Arana, quien como rector del Instituto Nacional, reformó el *currículum* de enseñanza introduciendo contenidos científicos, para lo cual adquirió libros de ciencia, instrumentos de química y física y animales embalsamados, y asimismo, dio importancia al estudio de las matemáticas, la física, la química, la cosmografía y la historia natural (Gutiérrez & Gutiérrez, 2009: 93-94). Se debe agregar a esto, que las mujeres comenzaron a incorporarse paulatinamente a la educación científica, principalmente en la carrera de la medicina en la Universidad de Chile, destacando

Eloísa Díaz y Ernestina Pérez, entre otras (Orellana, 2015: 129-167).

El vínculo entre actividad científica y positivismo en Chile, en el periodo finisecular decimonónico, según Zenobio Saldivia, sería en tres planos: el primero estaría dado por la consolidación de la metodología científica, el segundo por la búsqueda de una identidad nacional y el tercero por el ideario del orden social y el telos de progreso (Saldivia, 2011: 191). Se suma a esto, que la ciencia se consolidó socialmente a través del proceso de institucionalización que se venía gestando en el país desde la década de 1830, consistente en la contratación de sabios y científicos, la creación de instituciones educativas y científicas y la publicación de una bibliografía especializada (Saldivia, 2005: 37-47); adicionándose la fundación de corporaciones como la Oficina Hidrográfica, el Instituto Pedagógico y la Universidad Católica, las que contribuyeron en la formación de profesionales con una base educacional en ciencia. Además, aparecieron numerosas revistas y publicaciones científicas, se crearon congresos científicos y se instauraron las primeras sociedades científicas chilenas (Saldivia, 2011: 188-191).

Para el caso de las ciencias exactas, éstas venían practicándose desde la fundación de la Universidad de Chile, primordialmente en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, la que tenía como función formar a ingenieros que contribuyeran al progreso material del país a través de la construcción y supervisión de las obras públicas (Mellafe, Rebolledo y Cárdenas, 1992: 81-84). Algunos ejemplos sobre el desarrollo de las ciencias

exactas en el país fueron: en la matemática destacaron los trabajos del chileno Ramón Picarte, los cuales estuvieron enfocados en el bienestar social y fueron reconocidos por la Academia Francesa de Ciencias (Gutiérrez, & Gutiérrez, 2000: 307-341). Mientras que para la astronomía, ésta inició con la fundación del Observatorio Astronómico Nacional en 1852 y para fines de siglo esta institución había entrado en un proceso de languidecimiento en materia de observación astronómica, puesto que éstas disminuyeron en el transcurso de quince años, perdiendo prestigio a nivel internacional (Keenan, Pinto & Álvarez, 1985: 123-126). La física, en tanto, en la etapa finisecular de la centuria decimonónica, se destacó por poseer muy pocos profesores que se dedicaran a la enseñanza de esta ciencia en liceos, destacando los aportes de Luis Ladislao Zegers y Wilhelm Ziegler en esta disciplina (Gutiérrez & Gutiérrez, 2006: 487).

05. El experimento de los rayos X en Santiago de Chile

La replicación de la experiencia con los rayos X realizada en Santiago de Chile debe entenderse como parte del proceso de circulación del conocimiento e internacionalización de la ciencia, puesto que esta actividad se construye a partir de la interacción de las comunidades epistemológicas a nivel mundial, lo que permite validar la objetividad del saber de la naturaleza. En este sentido, el experimento de Röntgen fue reproducido en varios países en muy poco tiempo, un ejemplo de esto fue la duplicación efectuada hacia fines de enero de 1896 por los italianos Vicentini y Pacher, quienes confirma-

ron los resultados obtenidos por el físico alemán. También éste fue desarrollado en Francia por Lannelongue y en Suiza por Kocher, aplicándolo para obtener radiografías de pacientes enfermos. Asimismo, los rayos X fueron ensayados en los laboratorios de Estados Unidos por Papin el 4 de febrero del mismo año (Gutiérrez & Gutiérrez, 2008: 79).

En Chile la duplicación del experimento de Röntgen fue elaborado por dos profesores de la Universidad de Chile, Arturo Salazar y Luis Ladislao Zegers, ambos fueron académicos de la Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas. Además, los profesores de la universidad estatal fueron parte de la comunidad científica nacional, siendo especialistas en el área de la física. Zegers fue becado y enviado a París para estudiar “física experimental donde tomó cursos en la Escuela de Minas, en el Colegio de Francia y en la Escuela de Artes y Oficios, visitó importantes laboratorios y realizó estudios prácticos” (Serrano, 1994: 213). Hacia fines del siglo XIX Zegers fue considerado el físico chileno más importante del período, publicando “ensayos sobre la energía mecánica transportada por la electricidad, pasando por un estudio sobre la determinación de la riqueza de los azúcares siguiendo los procedimientos ópticos, hasta un ensayo sobre unidades métricas y termométricas en Chile” (Gutiérrez & Gutiérrez, 2006: 490). Salazar, en tanto, fue ayudante y posteriormente profesor de física, trabajando con Zegers en 1895, siendo académico de las cátedras de Física Industrial y Electrotecnia (Álvarez, 2013: 178).

El ensayo con los rayos X en Santiago fue publicado el 27 de marzo de 1896 y realizado el día 22 del mismo

mes, tan solo cuatro meses después de efectuado el experimento original, lo cual es un indicador de que la circulación del conocimiento y de la información a fines del siglo XIX era rápida. El informe llevó por título *Experimentos sobre la produktion de los rayos de Rroentgen por medio de las lamparillas de kadenzia eléctricas*, éste fue escrito con un lenguaje totalmente diferente al utilizado en aquella época, ya que Salazar quería escribir la publicación utilizando una “ortografía rracional” basado en una escritura fonética (Gutiérrez & Gutiérrez, 2008: 80). La comunicación de la experiencia fue publicada en las *Actes de la Societe Scientifique du Chili*, la cual era la sociedad científica más importante del país, su nombre en francés puede deberse a que la elite santiaguina estaba influenciada fuertemente por la cultura gala, tanto en sus formas de sociabilización, vestimenta, arquitectura y objetos suntuarios (Vicuña, 2010: 21-64). Aunque, hacia el periodo finisecular decimonónico hubo una mirada, de parte de la elite capitalina, hacia el modelo cultural alemán, principalmente en lo que concierne a materia educativa y científica, puesto que se trajeron a educadores y científicos germanos para que se hicieran cargo de los establecimientos de educación superior y de ciencia (Sanhueza, 2010: 67-84). Por lo cual, no es de extrañar que el experimento de los rayos X, proveniente desde Alemania, causara tanto entusiasmo y expectación en los dos físicos nacionales.

Salazar y Zegers se enteraron del descubrimiento de los rayos Röntgen a fines de febrero de 1896, la noticia fue publicada por el periódico *El Ferrocarril* el día 21 de ese mes, demorando tan solo alrededor de dos meses en ser recibida en Santiago, ya que el físico alemán había comunicado sus resultados el 28 de diciembre del

año anterior, por lo que la difusión de la información demoró unos cuantos días en ser recibida en la capital. Haciendo que la comunidad científica chilena conociera los avances en física experimental europea en poco tiempo. Como anteriormente expusimos, uno de los problemas que presenta la replicación de experimentos a nivel internacional es la falta de algunos implementos tecnológicos que pueden estar ausentes en algunos países, y para lo cual éstos deben ser suplidos por otros, haciendo de los ensayos en laboratorio dependientes del desarrollo técnico en los contextos sociales en que éstos se efectúan. Para el caso que estamos estudiando no fue la excepción, puesto que como señalan los científicos chilenos “al rrezibirse akí, en febrero último, los primeros anzios sobre el descubrimiento de Röntgen, vimos ke no era posible rrepetir los experimentos de este físico por no eksistir akaso en todo Chile un solo tubo de Crookes” (Zegers & Salazar, 1896: 21).

La carencia de un tubo de Crookes, en Santiago, fue uno de los inconvenientes que tuvieron que sortear Salazar y Zegers para poder reproducir el experimento de los rayos X, pues en el país la física experimental se encontraba en ciernes, existiendo muy pocos laboratorios con implementos científicos adecuados (Gutiérrez & Gutiérrez, 2006: 487-491). El tubo de Crookes fue uno de los instrumentos más utilizados en los ensayos con rayos catódicos, siendo éste una mejora hecha por el científico que dio nombre a este tipo de tubos de vacío. Cabe mencionar, que este tubo fue inventado por el físico alemán Heinrich Geissler hacia fines de 1850, desarrollando una técnica para sellar dos electrodos introducidos en un recipiente de cristal en que se había hecho un vacío (Gribbin, 2006: 400). Existie-

ron distintos tipos de tubos de vacío, denominándoseles de acuerdo al nombre de su diseñador, por ejemplo hacia la década de 1880 se encontraban los tubos de Geissler, Hittorf y Crookes (Gribbin, 2006, 404). Sin embargo, tras la ausencia de este tipo de instrumental científico en la capital, los físicos chilenos emplearon los materiales técnicos presentes en el país, por lo cual el experimento tuvo que adaptarse a las condiciones tecnológicas locales. Para lograr su cometido, los académicos emplearon materiales análogos a un tubo de Crookes, ya que “rrekordando al mismo tiempo ziertas kualidades de las lámparas de kandenzia, jenealmente llamadas de Edison, pensamos ke la produkzion de los rrayos de Röntgen podría preszindirse kon ékzito de los tubos de Crookes u otros análogos” (Zegers & Salazar, 1896: 21).

Los científicos chilenos conocían el funcionamiento de las lámparas incandescentes y los beneficios que podía acarrear ésta en su uso en la experiencia con los rayos X, debido a que “el bazio de una lámpara kandente de buena kalidad, puede kompararse al de los tubos de Hittorf o de Crookes i ke, además, el grado de bazio en dichas lámparas mejora sensiblemente después de una iluminazion de 100 o mas oras” (Zegers & Salazar, 1896, 21). A pesar de la carencia de tubos de vacío, Salazar y Zegers tuvieron que recurrir al ingenio y a los implementos presentes que pudieran producir los mismos efectos que éstos. No obstante, se registró otro inconveniente, pues faltaban los electrodos para generar el flujo eléctrico adecuado en la lámpara incandescente, y para lo cual, nuevamente tuvieron que hacer uso de las tecnologías que se encontraban a su disposición, tal y como indican los académicos: “En kuantto a la falta de

eléktrodos ezpeziales, unika difikultad ke en aparienzia eksistía, pensamos subsanarla empleando komo katodo el filamento, i komo anodo un disko o anillo de estañol pegado en el exterior de la lámpara” (Zegers & Salazar, 1896: 21). En consecuencia, el experimento de los rayos X tuvo que ser aclimatado a las condiciones técnicas chilenas, empleando para su uso los implementos existentes en el país.

Sin embargo, la utilización de una lámpara incandescente en vez de un tubo de vacío, no fue del todo arbitraria, ya que Salazar y Zegers se enteraron “por las últimas rrebistas emos bisto ke esta misma kombinazion a sido empleada en Europa i Estados Unidos; pero komo emos llebado aun mas lejos la simplifikazion del prozedimiento, a la vez de konsegrir un resultado por lo menos igual al ke se obtiene kon un buen tubo de Crookes, kreemos que tendrá zierto interés deskribir nuestro método definitivo” (Zegers & Salazar, 1896: 21). A pesar de que los físicos nacionales pudieron llevar a cabo el experimento de forma exitosa, obteniendo incluso una radiografía de la mano de Zegers, hubo un elemento que estuvo ausente, el cual se relaciona con las transparencias dejadas por los rayos X en el aluminio, ésta carencia se debió a que los académicos no tuvieron el “tiempo de komprobar si kon esta fluoreszenzia los rrayos X son capaces de produzir los detalles o gradaziones que se obserban en la Fig. A., obtenida en 14 minutos, kon una antigua lamparita esférika de Edison-Swan” (Zegers & Salazar, 1896: 23).

¿Fue producto del azar o una coincidencia que Salazar y Zegers obtuvieran resultados similares a los de Röntgen, a pesar que las condiciones materiales de ambos

experimentos fueran distintas? Creemos que la respuesta a esta interrogante es negativa, ya que los científicos chilenos supieron, desde un comienzo, cuáles eran las condiciones para producir los rayos X en un laboratorio. Para ello, emplearon materiales análogos a los utilizados en los experimentos anteriormente replicados en el extranjero, estando informados de las funciones de cada uno de éstos y del efecto que podían producir. Si bien, la nueva historia de la ciencia o historia cultural de la ciencia plantea que la actividad científica se adecúa según los contextos en que esta se practica, creemos que hay que matizar la premisa en que el conocimiento de la naturaleza no sería universal dada esta causa, pues, como hemos demostrado para el caso del experimento de los rayos X efectuado en Santiago, los físicos nacionales lograron obtener resultados similares a sus pares en el extranjero.

Además, ¿Hubo algún tipo de reacción o valoración de parte de la comunidad científica chilena al experimento de Röntgen? La respuesta es positiva, puesto que Luis Ladislao Zegers dio una conferencia en el Laboratorio de Física General de la Universidad de Chile, el 16 de noviembre de 1897, un poco más de un año desde que junto con Arturo Salazar realizaron la reproducción de este ensayo. Para Zegers la experiencia con los rayos X tuvo una importancia capital por las aplicaciones que se podían producir, en especial por la “posibilidad que hoy tenemos de fotografiar los objetos invisibles i aun de poder estudiar el interior de nuestro organismo” (Zegers, 1897: 891). Junto a esto, el físico chileno valoró la actitud de su par alemán de buscar una utilidad al descubrimiento por él realizado, en este aspecto, “Roentgen no tardó en ver que estos nuevos

rayos atravesaban todos los cuerpos mucho mejor que la luz. Todas las sustancias son transparentes para ellos aunque desigualmente; la madera, el diamante i casi todos los cuerpos orgánicos son mui transparentes (Zegers, 1897, 897-898). En especial el académico de la Universidad de Chile ponderó el empleo de los rayos X para el uso en la medicina, puesto que “los músculos de los animales se dejan atravesar mejor que los huesos i gracias a esta diferencia se han podido hacer importantes aplicaciones” (Zegers, 1897: 899).

Si bien para el año 1897 el experimento de Röntgen había sido replicado en varios lugares, para Zegers aún había dudas acerca de la naturaleza de los rayos X, por lo cual, “a pesar del sinnúmero de experimentadores que hoy intentan penetrar en este nuevo campo abierto por Roentgen, queda mucho por descubrir o aclarar. ¿Por qué hai rayos X que penetran los músculos como si estos no existieran i otros para los cuales son tan opacos como los huesos?” (Zegers, 1897, 900). No obstante, a las interrogantes dejadas hasta ese momento por algunas características específicas que presentaron estos rayos, el científico nacional estimó que el beneficio que estaba acarreado consigo este descubrimiento era de gran importancia, debido a que “hoi las radiografías se pueden obtener en minutos, casi en segundos de tiempo; graduando convenientemente la intensidad de la corriente, evitando la elevación de la temperatura i valiéndonos de interruptores rápidos se pueden obtener efectos sorprendentes” (Zegers, 1897, 900). Por último, cabe hacer notar que el uso de los rayos X para las radiografías y la enseñanza de la física médica estuvieron a cargo del doctor José María Anrique Zuagagoitia, quien instaló un laboratorio de física en la Escuela de Medicina en 1889 (Cruz-Coke, 1995: 507-508).

Por lo tanto, la replicación y la recepción de la experiencia de Röntgen en Alemania, de parte de los científicos chilenos estuvo mediada por las condiciones materiales y tecnológicas que presentó el país, para lo cual Salazar y Zegers tuvieron que emplear los implementos que estuvieran a su alcance para poder lograr su cometido, estando, de esta manera, el experimento de los rayos X determinado por el contexto material en que este se desarrolló. Además, existió una valoración positiva al descubrimiento del físico germano de parte de Zegers, principalmente, por las aplicaciones que se había conseguido en los campos de la física médica y la radiología.

06. La recepción de los rayos X en la prensa santiaguina: el caso de *El Ferrocarril*

Los expertos no fueron los únicos en interesarse por el descubrimiento de los rayos X, sino que también los legos, o personas no versadas en ciencia, se informaron sobre este acontecimiento. Cabe mencionar que desde un inicio el experimento de Röntgen llamó la atención de los medios de prensa, e incluso del poder político, ya que el físico germano realizó una demostración del fenómeno el día 13 de enero de 1896 ante emperador Guillermo II en Berlín (Gribbin, 2006: 404). Chile no estuvo ajeno a este evento científico, divulgándose la noticia en los últimos días de febrero de 1896, en los principales medios de comunicación nacional. Para fines de siglo los periódicos se habían diversificado en su contenido, su propiedad y su localización geográfica, constituyéndose en la forma por excelencia en que se manifestó la opinión pública. En el país, entre los años 1890 a 1900, hubo “un promedio de 186 periódicos

por año (frente a 150 de la década anterior), con una creación- también promedio- de 95 periódicos anuales” (Subercaseaux, 2011: 341).

La proliferación de los matutinos fue de la mano con un número creciente de lectores, incorporándose a éstos nuevos actores que estuvieron excluidos a mediados del siglo XIX, entre los que se encontraron las mujeres, los sectores medios y las clases populares, quienes tuvieron mayor acceso a la educación (Subercaseaux, 2010: 113-114). La difusión científica en la prensa tuvo un carácter secundario, aunque se publicaron noticias de ciencia cada cierto tiempo (Prenafeta, 2008: 48-50). Hacia fines de siglo los diarios nacionales fueron testigos del rápido progreso de las ciencias y de los cambios sociales que estuvieron aparejados a éstas, tal como se puede apreciar en las páginas de *El Mercurio de Valparaíso*, medio en el cual se divulgaron los últimos descubrimientos en materia científica y de las innovaciones en el ámbito tecnológico (Becerra & Saldivia, 2010: 149-185). Esta no fue una característica única del diario porteño, pues su par capitalino, *El Ferrocarril*, realizó una labor similar, exponiendo en sus planas información meteorológica sobre el estado del tiempo en Santiago, noticias sobre las enfermedades y las epidemias que azotaron al país, descubrimientos astronómicos, invenciones tecnológicas, entre otras.

El Ferrocarril fue el matutino más importante de la capital finalizando la centuria decimonónica, fue fundado en 1855 por Juan Pablo Urzúa, quien era cercano a Antonio Varas y a algunos sectores políticos conservadores. Sin embargo, el objetivo del diario fue el de

estimular la modernización y el progreso social, estableciéndose como el portavoz de los cambios que debía experimentar el país. Hacia el periodo finisecular *El Ferrocarril* mantuvo una circulación regular de cerca de 15.000 ejemplares cada día, teniendo un potencial de lectores de alrededor de 120.000 personas (Ossandón & Santa Cruz, 2001: 47-77). Las primeras noticias sobre el descubrimiento de los rayos X fueron publicadas el viernes 21 de febrero y el martes 31 de marzo de 1896, respectivamente, lo cual es un indicador de la rapidez en que se propagó la información sobre el experimento de Röntgen, puesto que el periódico capitalino recibió el telegrama el día 7 de febrero estando la comunicación en sus páginas tan solo catorce días después (*El Ferrocarril*, 1896a, 1).

Los periodistas y el público lector de *El Ferrocarril* eran, en su mayoría, personas no versadas en ciencias, no obstante, el diario difundió la noticia en la portada bajo el título de El descubrimiento de Roentgen. Al igual que Zegers, el matutino santiaguino destacó las aplicaciones realizadas una vez efectuado el experimento del físico alemán, comunicando: “Los telegramas de Europa han dado cuenta de un descubrimiento hecho hace poco por el doctor alemán Roentgen por medio del cual se puede fotografiar los objetos que se hallan sustraídos a la visión natural por la interposición de los cuerpos opacos” (*El Ferrocarril*, 1896a, 1). No es coincidencia que los físicos chilenos y el diario capitalino concuerden en una valoración positiva a la utilidad que se le podía dar al uso de los rayos X, debido a que ambos buscaron el progreso social del país a partir de las aplicaciones que la ciencia podía ofrecer. En este sentido, la primicia científica expuesta en *El Ferrocarril* está

mediada por los intereses propios del periódico, siendo de esta forma, apropiada por el contexto en que se difundió la noticia.

El principal beneficio que generó la experiencia con los rayos X fue en la radiología, del cual el matutino informó que “se puede fotografiar simultáneamente ambos lados de una medalla, localizar las agujas y la degeneración de los huesos y conjunturas [sic]” (*El Ferrocarril*, 1896a: 1). Pero, el mayor aporte que produjo el ensayo del científico germano fue en el campo de la medicina, al respecto el periódico santiaguino notificó que “lo mas sorprendente de todo es que merced al nuevo descubrimiento será posible seguir minuciosamente el desarrollo de los músculos en el cuerpo humano” (*El Ferrocarril*, 1896a: 1). Además, el experimento de Röntgen podía ser utilizado en otras áreas, puesto que “ya no se necesitará ser conocedor para descubrir cuando un brillante es falso, pues que el nuevo procedimiento demuestra sin lugar a la menor duda la diferencia entre las piedras lejitimas y las imitaciones” (*El Ferrocarril*, 1896a: 1). Por lo cual, *El Ferrocarril* da una imagen de avance científico y de aplicación práctica de la física experimental a la ciudadanía capitalina, permitiendo desentrañar y resolver algunos problemas de tipo médico e incluso cotidiano, estando acorde con el objetivo editorial que poseía el diario consistente en la mejora de las condiciones materiales de la población. De esta manera, la información científica proveniente desde el extranjero fue utilizada por este medio de comunicación para sus propios fines, ya que el experimento con los rayos X podía ser empleado en la sociedad chilena.

La comunicación sobre la experiencia de Röntgen fue difundida y a la vez apropiada por *El Ferrocarril*, sin embargo, hubo una parte de la primicia que empleó un lenguaje más técnico para explicar el ensayo del físico alemán. El inconveniente con el lenguaje científico es, como ha señalado el sociólogo de la ciencia Bruno Latour en este aspecto, que la popularización y el entendimiento de las disciplinas de la naturaleza se hacen más dificultosas para las personas que no poseen una formación en éstas, ya que la ciencia está diseñada para alejar a la gente (Latour, 1992: 51). Haciendo de la divulgación del conocimiento algo que solo pueden acceder un grupo limitado de individuos, para el caso de los rayos X el matutino señaló que el científico germano empleó “un tubo de Geissler, o sea un tubo de vidrio en que se ha hecho el vacío y provisto de dos conductores, se pone en comunicación con una fuerte pila eléctrica (batería de Ruhmkorff)” (*El Ferrocarril*, 1896a: 1). Junto a esto, se debía dejar “pasar la corriente eléctrica a través del tubo, se ve que el cátodo se rodea primeramente de una zona luminosa, y más tarde de una luz azulada. En cambio, las proximidades del ánodo y la mayor parte del espacio del tubo se llenan de una luz rojo-amarillenta” (*El Ferrocarril*, 1896a: 1).

El problema que avizoramos es que *El Ferrocarril* emplea términos técnicos para difundir la noticia sobre los rayos X, tales como: tubo de Geissler, vacío, cátodo, ánodo y otros más que aparecen más adelante en la comunicación, sin hacer una explicación de cada uno de ellos, siendo que su público lector, en su mayoría, no es experto en ciencia, más aún en una sociedad como la chilena en que la educación científica no estaba tan extendida entre sus estudiantes. En este sentido, Luis Zegers en 1897

había advertido este inconveniente, ya que al referirse al experimento de Röntgen en la Universidad de Chile señaló: “La acústica nos permite familiarizarnos con estas nociones, que indudablemente presentan ciertas dificultades a los neófitos en el estudio de las ciencias físicas” (Zegers, 1897: 892). Por lo cual, la divulgación de la primicia presentó algunos impedimentos para los lectores del periódico capitalino dado la falta de aclaración de la terminología científica empleada.

La segunda entrega que hizo el matutino sobre la experiencia del físico alemán fue el día 31 de marzo de 1896, apareciendo la noticia original en París el 14 de febrero del mismo año, demorando un poco más de un mes en ser reproducida en Santiago, bajo el título de *Fotografía de lo invisible*. Al igual que la primicia del 21 de febrero, *El Ferrocarril* destacó las aplicaciones del descubrimiento efectuado por el científico germano, al respecto informa: “Fotografiar un objeto que nuestros ojos no vean, como es, por ejemplo, el esqueleto de una persona viva, un reloj, una cadena, un objeto cualquiera encerrado en un caja de metal o de madera, fotografiar en embrión dentro del vientre de su madre; tales son los resultados que se han ya obtenido gracias al memorable descubrimiento de W.C. Roentgen” (*El Ferrocarril*, 1896b: 4). Tal como en la publicación del mes anterior, la información proveniente desde Francia es apropiada por el diario capitalino para sus propios fines, los cuales se relacionaban con la promoción del progreso material de la sociedad chilena a partir de las innovaciones que la ciencia ofrecía.

Asimismo, *El Ferrocarril* y Luis Zegers coinciden en las futuras utilidades que podría brindar el descubrimien-

to de los rayos X a la ciencia, por lo tanto, los legos y los expertos nacionales concuerdan en su ponderación positiva ante este experimento. Sobre esto el medio de comunicación indicó: “En la hora actual, es imposible calcular las consecuencias que tendrá para la ciencia un descubrimiento de tal magnitud. Ya la medicina se ha apoderado del descubrimiento, aprovechándolo para el diagnóstico de enfermedades de los huesos” (*El Ferrocarril*, 1896b: 4). La medicina fue la más beneficiada con las aplicaciones del ensayo de Röntgen, para lo cual *El Ferrocarril* mostró a la ciudadanía santiaguina los avances de la física experimental y los beneficios que esta podía acarrear al país, como por ejemplo los trabajos realizados en Alemania sobre radiología, expresando: “El profesor Kissling, de Hamburgo, ha conseguido obtener la fotografía de un embrión a través del vientre de la madre y la fotografía deja reconocer perfectamente los miembros ya formados del embrión” (*El Ferrocarril*, 1896b: 4). De esta forma, el periódico expuso una visión utilitaria del experimento de Röntgen basada en las potencialidades que éste demostró poseer.

No obstante, al igual que la publicación del 21 de febrero, el matutino santiaguino empleó un lenguaje técnico para describir el hallazgo de los rayos X, en especial sobre las implicaciones científicas que éste tuvo, señalando: “El descubrimiento del profesor Roentgen ha venido a demostrar experimentalmente las teorías del ilustre matemático inglés Maxwell, a saber “*que la vibración se traduce bajo forma eléctrica, calorífica o luminosa según sea la estension de la onda que se propaga*” (*El Ferrocarril*, 1896b: 4). La comunicación del 31 de marzo contiene detalles sobre las implicancias que tuvo para la comunidad científica europea el experimento del físico alemán,

recalcando las condiciones en que el ensayo fue realizado, mediante expresiones pertenecientes a las ciencias físicas, las cuales tuvo pocos cultores en el país. En consecuencia, la difusión de la primicia científica al hacer uso de tecnicismos lingüísticos disminuye el número de lectores que pudieran entender la noticia, haciendo de la propagación del conocimiento un asunto al que solo pueden acceder unos cuantos, a pesar que la noticia se difundió en un medio con un gran alcance social.

07. Conclusión

La circulación del conocimiento desde los lugares de producción del saber hacia las periferias, está mediado por un proceso de adaptación y de reconfiguración de acuerdo a los contextos sociales y culturales en que éste es recepcionado. En este sentido, quienes son receptores de la información proveniente desde el extranjero no son actores pasivos, sino que más bien aclimatan el conocimiento científico de acuerdo a sus intereses o a las condiciones materiales en que éste es empleado. Para el caso de la replicación del experimento de Röntgen en Santiago llevado a cabo por los académicos de la Universidad de Chile, Arturo Salazar y Luis Zegers, éstos utilizaron los implementos tecnológicos presentes en la capital, ya que los instrumentos originales que fueron empleados por el físico alemán estaban ausentes en los laboratorios santiaguinos. Por lo cual, tuvieron que adaptar la experiencia con los rayos X a las circunstancias instrumentales que la realidad social chilena ofrecía.

Igualmente, a pesar de carencia de insumos tecnológicos, los científicos chilenos lograron reproducir exitosa-

mente el ensayo con los rayos X, obteniendo resultados similares a los de Röntgen, puesto que se habían informado, previamente, de la función de cada uno de los instrumentos empleados en el experimento original y de los sustitutos que se podían utilizar en su reemplazo, gracias a las publicaciones provenientes desde Estados Unidos que habían desarrollado la experiencia física de manera algo diferente. En consecuencia, la circulación de la información proveniente desde Alemania demoró pocos meses en ser publicado por los periódicos nacionales y en reproducirse en el laboratorio. Además, Luis Zegers, uno de los físicos más connotados de fines de siglo, destacó las aplicaciones efectuadas tras el hallazgo de los rayos X a la medicina, a la fotografía, a la radiología y a otras materias, valorando su utilidad y de los futuros usos que se pudieran hacer en un futuro próximo.

Por otra parte, diario *El Ferrocarril* difundió la noticia sobre el experimento de Röntgen en un periodo de poco más de un mes, debido a que la primicia causó gran revuelo internacional tanto en la comunidad científica europea, como en la prensa mundial, informando a la población santiaguina el 21 de febrero y el 31 de marzo de 1896. En este aspecto, la comunicación entregada no fue del todo neutra, ya que ésta respondió a los intereses propios del matutino que buscaba el progreso y el desarrollo social del país a través de las innovaciones tecnológicas y los descubrimientos científicos. Para lo cual, expuso las aplicaciones que se habían conseguido una vez replicado el experimento de los rayos X internacionalmente, destacando su utilidad en la medicina. No obstante, el lenguaje empleado fue algo técnico, imposibilitando con esto el entendimiento de la información a un grupo amplio de lectores.

En consecuencia, el experimento de Röntgen interesó a los expertos y a los legos de Santiago de Chile de fines del siglo XIX, siendo actores activos tanto en su difusión como en la aplicación que la ciencia física podía ofrecer para el desarrollo y progreso de la nación. Aprovechando la información proveniente desde Europa para fines locales, y utilizando los insumos tecnológicos presentes en la capital para obtener su cometido. En suma, el estudio de este caso particular nos permite comprender como la ciencia se puede adaptar a las condiciones materiales de la sociedad y responder a un proceso de apropiación de parte de los científicos locales.

08. Referencias bibliográficas

Álvarez, J. (2013) “El salto de Röntgen: de Würzburg a Santiago”. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 24 (1), 178.-180.

Anrique, J. (1898) *Los rayos X de Röntgen: conferencias dadas en la Facultad de Medicina i Farmacia*. Santiago: Imprenta Nacional.

Becerra, S. y Saldivia, Z. *El Mercurio de Valparaíso, su rol de difusión de la ciencia y tecnología en el Chile decimonónico*. Santiago: Bravo y Allende Editores.

Chalmers, A. (2000) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.

Cruz-Coke, R. (1995) *Historia de la medicina en Chile*. Santiago: Editorial Andrés Bello.

Dear, P (1995) “Cultural history of science: an overview with reflections. *Science, Technology and Human Values*, 20 (2), 150-170.

El Ferrocarril (1896a) 21 de febrero

El Ferrocarril (1896b) 31 de marzo

González, M. y Pohl-Valero, S. (2009) “La circulación del conocimiento y las redes del poder: en la búsqueda de nuevas perspectivas historiográficas sobre la ciencia”. *Memoria y sociedad*, 27, 7-11.

Gribbin, J. (2006) *Historia de la ciencia 1543-2001*. Barcelona: Crítica.

Gutiérrez, C. y Gutiérrez, F. (2000) “Ramón Picarte: La proeza de hacer matemáticas en Chile”. *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, 13 (3), 307-341.

Gutiérrez, C. y Gutiérrez, F. (2006) “Física: su trayectoria en Chile (1800-1960). *Historia*, 39 (2), 477-496.

Gutiérrez, C. y Gutiérrez, F. (2008) *Forjadores de la ciencia en Chile: problemas y soluciones*. Santiago: RIL editores.

Herran, N. y Simon, J. (2009) “Comunicar y comparar: la historia de la ciencia ante el localismo, la fragmentación y la hegemonía cultural”. *Memoria y sociedad*, 27, 143-161.

Hobsbawm, E. (1998). *La era del Imperio, 1875-1914*. Buenos Aires: Crítica.

Jaksic, I. (2013). *Rebeldes académicos: la filosofía chilena desde la independencia hasta 1989*. Santiago: Ediciones Universidad Diego Portales.

Keenan, P., Álvarez, H. y Pinto, S. (1985) *El Observatorio Astronómico Nacional de Chile (1852-1965)*. Santiago: Facultad de Ciencia Físicas y Matemáticas.

Kragh, H (1989) *Introducción a la historia de la ciencia*. Barcelona: Crítica.

Kuhn, T. (1982) *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Alianza Editorial.

Latour, B. (1992) *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Editorial Labor.

- Mellafe, R., Rebolledo, A. y Cárdenas, M. (1992) *Historia de la Universidad de Chile*. Santiago: Ediciones de la Universidad de Chile.
- Nieto, M. (1995) “Poder y conocimiento científico: nuevas tendencias en historiografía de la ciencia”. *Historia Crítica*, 10, 3-14.
- Orellana, M. (2015) *Sentimientos en busca de ciencia: inicios de la educación científica femenina en Chile (1870-1930)*. Santiago: DIBAM.
- Ossandón, C. y Santa Cruz, E. (2001) *Entre las alas y el plomo. La gestación de la prensa moderna en Chile*. Santiago: LOM Editores.
- Prenafeta, S. (2008) *La comunicación de la ciencia en Chile*. Santiago: CONICYT.
- Saladino, A. (2015) *Elementos para una teoría latinoamericana sobre historia de la ciencia*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Saldivia, Z. (2005) *La ciencia en el Chile decimonónico*. Santiago: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana.
- Saldivia, Z. (2011) “El positivismo y las ciencias en el periodo finisecular del Chile decimonónico”. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades*, 13 (25), 182-193.
- Sánchez, J. (1992) *El poder de la ciencia: historia socio-económica de la física (siglo XX)*. Madrid: Editorial Alianza.
- Sanhueza, C. (2010) “Circulación de intelectuales alemanes en Chile y chilenos en Alemania (fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX)”. *Questoes y Debates*, 53, 67-84.
- Serrano, S. (1994) *Universidad y nación. Chile en el siglo XIX*. Santiago: Editorial Universitaria.
- Shapin, S. y Schaffer S. (2005) *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental*. Quilmes: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Subercaseaux, B. (2010) *Historia del libro en Chile: Desde la Colonia hasta el Bicentenario*. Santiago: LOM Ediciones.
- Subercaseaux, B. (2011) *Historia de las ideas y de la cultura en Chile, vol. I*. Santiago: Editorial Universitaria.
- Trabulse, E. (2006) *La ciencia en el siglo XIX*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Vicuña, M. (2010) *La Belle Époque Chilena: Alta sociedad y mujeres de élite*. Santiago: Catalonia.
- Zegers, L. y Salazar A. (1896) “Esperimentos Sobre la produktion de los rrayos de Roentgen por medio de las lamparillas de kadenzia eléctricas”. *Actes de la Societe Scientifique du Chili*, 6, 21-23.
- Zegers, L. (1897) “Los progresos de la electricidad i el descubrimiento del profesor Roentgen”. *Anales de la Universidad de Chile*, 98, 880-904.