

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS X JORNADAS

VOLUMEN 6 (2000), Nº 6

Pio García  
Sergio H. Menna  
Víctor Rodríguez  
Editores



ÁREA LÓGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# Los errores experimentales de Henri Becquerel

*Roberto de Andrade Martins\**

El objetivo de este artículo es discutir un episodio de experimentación científica (la investigación que Becquerel hizo del fenómeno que ahora llamamos radiactividad) y estudiar problemas metodológicos asociados a los errores cometidos en estos experimentos.

En 1896, Henri Becquerel detectó una radiación penetrante emitida por algunas sales de uranio y “descubrió” un fenómeno que hoy llamamos *radiactividad*.<sup>1</sup> El estudio de Becquerel acerca de la radiación del uranio no ocurrió por acaso. Sus investigaciones fueron dirigidas por una conjetura de Henri Poincaré sobre la asociación entre los rayos X y la luminescencia, junto con el conocimiento de Becquerel acerca de las características de los compuestos de uranio (MARTINS, 1997).

Becquerel tenía la expectativa de encontrar un tipo de emisión de radiación electromagnética penetrante (algo similar a los rayos ultravioletas) emitida por el uranio en un fenómeno especial de luminescencia que violaba la ley de Stokes, y pensó que lo había encontrado. Dirigido por sus concepciones previas, Becquerel atribuyó a la radiación del uranio las características conocidas de ondas electromagnéticas: reflexión, refracción y polarización. Además, como pensó que el fenómeno era una clase de fosforescencia, él también esperaba observar un aumento en la emisión de la radiación cuando los compuestos de uranio fueron estimulados por la luz del Sol. Los experimentos descritos por Becquerel confirmaron todas estas expectativas. En uno de sus artículos, Becquerel también describió haber observado que el sulfuro fosforescente de calcio emitía una radiación penetrante como la del uranio.

Sin embargo, ninguno de estos fenómenos existen.

Los errores experimentales de Becquerel fueron corregidos gradualmente por otros investigadores. Mientras que el estudio de la radiactividad se perfeccionaba y se tornaba de gran alcance, Becquerel cambió la interpretación de su propio trabajo inicial, ocultando sus errores o atribuyendo a sí mismo su corrección. Él tuvo éxito. En algunos años sus errores fueron olvidados y en 1903 le otorgaron el premio Nobel.

Becquerel empezó su búsqueda de radiaciones penetrantes emitidas por los cuerpos luminescentes en Enero de 1896. El 24 de Febrero presentó a la Academia Francesa de Ciencias sus primeros resultados positivos: describió que había detectado una radiación penetrante (semejante a los rayos X) emitida por los cristales de sulfato doble de uranio y de potasio (BECQUEREL, 1896a).

En ésta comunicación y en la siguiente este investigador no discutió la naturaleza de la radiación penetrante. Describió solamente que la radiación podía pasar a través de papel negro y de placas finas de vidrio, y afectar a las placas fotográficas. Él creyó que esas radiaciones “(...) podrían ser radiaciones invisibles emitidas por la fosforescencia, con una persistencia infinitamente más grande que la persistencia de las radiaciones luminosas emitidas por esos cuerpos” (BECQUEREL, 1896b).

\* Grupo de Historia y Teoría de la Ciencia, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil.

En nuestros días un físico no encuentra nada extraño o inesperado en esas dos comunicaciones. Sin embargo, del tercer artículo de Becquerel sobre la "radiactividad" hacia adelante (BECQUEREL, 1896c), él señaló varios fenómenos que nos parecen a nosotros totalmente anómalos, en el sentido siguiente: están en conflicto con nuestro conocimiento físico y es dudoso que cualquier persona podría reproducir hoy en día esas observaciones.

Becquerel y los científicos de su tiempo, sin embargo, no encontraron nada sorprendente en esos fenómenos. Los hechos que él describió se acordaban totalmente con sus expectativas.

En su tercer artículo sobre la "radiactividad" (9 de Marzo de 1896), Henri Becquerel inició el estudio de las características de la radiación emitida por el compuesto fluorescente del uranio que utilizaba. Su investigación fue conducida por analogía con los estudios de Röntgen sobre los rayos X y por su creencia que la radiación era una luz invisible.

Una de las características sabidas de los rayos X y ultravioleta era su capacidad de descargar cuerpos electrizados. Becquerel observó que los rayos del uranio podían también descargar un electroscopio. Röntgen había intentado observar la reflexión y la refracción de rayos X, con resultados negativos. Experimentos similares fueron intentados por Becquerel con la radiación del uranio — y él informó que tuvo éxito.

Uno de los experimentos de Becquerel parecía mostrar evidencia clara de la reflexión de la radiación emitida por la sal de uranio en un espejo. Él cortó un espejo cóncavo en un bloque pequeño de metal. Este espejo fue pulido y produjo imágenes visuales. Había, sin embargo, un pequeño defecto del metal, y este punto del espejo no podía ser pulido. Un cristal fino de sulfato de uranio y de potasio fue sujetado en el plano focal del espejo. Debajo de este dispositivo, Becquerel colocó una placa fotográfica, separada del cristal por papel negro. Cuando reveló la placa fotográfica, observó una figura negra triangular, correspondiendo a la escama cristalina. La figura estaba rodeada por un círculo oscuro, y en este círculo había un punto que correspondía al defecto del espejo, al decir de Becquerel, que concluyó: "Este halo, con una frontera absolutamente nítida, es por lo tanto debido a las radiaciones que, después que se reflejaron en el espejo, fueron enviadas a la placa en direcciones casi paralelas" (BECQUEREL, 1896c).

Ésta parecía una evidencia concluyente de la reflexión regular, no difusa, de la radiación. Según nuestro conocimiento actual, la radiación del uranio no es reflejada por el metal pulido. Además, el argumento de Becquerel es incorrecto. Solamente si la fuente de la radiación fuera muy pequeña y si estuviese puesta en el foco de un espejo parabólico, la radiación se podría reflejar como rayos paralelos. Sin embargo, en el caso de una fuente grande (al igual que en este experimento), incluso si hubiera reflexión regular, los rayos emitidos de diversos puntos de la sustancia tendrían diversas direcciones después de la reflexión y nunca podría presentarse el punto que correspondía al defecto del espejo. Es imposible entender cómo habría podido Becquerel observar el efecto que él describió.

En el mismo artículo Becquerel presentó evidencia favorable a la existencia de refracción de la radiación penetrante emitida por los compuestos fosforescentes. Becquerel primero intentó detectar la refracción de la radiación de uranio usando un prisma, e indicó que esos experimentos "Dieron muestras de la refracción, pero las muestras eran demasiado débiles para ser presentadas. Por otra parte, será visto de los resultados que serán descritos abajo, que algunas imágenes claramente revelan el hecho de la reflexión y de la refracción en el vidrio" (BECQUEREL, 1896c).

Becquerel suponía que la radiación del uranio debía de ser refractada y reflejada, porque pensaba que ella era una cierta clase de luz ultravioleta penetrante. Lo que él describió confirmaba sus expectativas. Sin embargo, sabemos que la radiación del uranio no es refractada ni reflejada por el vidrio. Este efecto anómalo no se puede explicar según nuestro actual conocimiento.

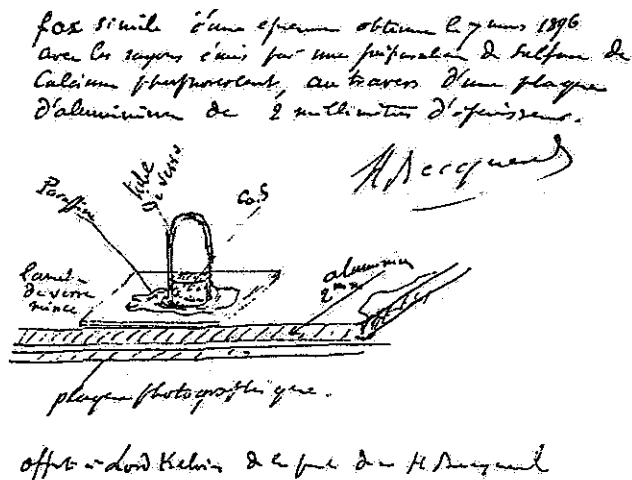
En sus dos primeros artículos, Henri Becquerel había estudiado la radiación emitida por el sulfato doble de uranio y de potasio. En su tercer escrito describió por primera vez algunas tentativas de detección de radiaciones penetrantes emitidas por otras sustancias.

En una serie de experimentos, Becquerel ensayó el siguiente conjunto de sustancias: sulfuro anaranjado de calcio, sulfuro verde de estroncio, blenda (sulfuro de cinc), sulfuro azul de calcio y sulfuro azul verdoso de calcio. Algunas de esas sustancias se alteran por el aire, y por eso él las encerró en envases de vidrio. Entre esos tubos y la placa fotográfica (envuelta en papel negro) había una placa del aluminio, con 2 milímetros de espesor. Este conjunto de muestras fue expuesto a la luz ambiente (no directamente a la luz del Sol) sobre la placa fotográfica por 41 horas. Solamente dos de esas sustancias produjeron efectos observables sobre la placa fotográfica: los sulfuros azul y verde de calcio. Según Becquerel, los efectos producidos eran muy fuertes— más fuertes que los obtenidos con los compuestos de uranio. Además, según Becquerel, este experimento proporcionó evidencia favorable a la reflexión y la refracción de la radiación penetrante en las paredes de los tubos y en los bordes de la placa de vidrio (BECQUEREL, 1896c).

Ésta fue la evidencia más fuerte que Becquerel encontró para la reflexión y la refracción de la radiación invisible. Hay que señalar que él no hizo ninguna distinción entre la radiación del uranio y la radiación emitida por el sulfuro de calcio.

Nosotros sabemos, todavía, que el sulfuro de calcio no emite radiaciones penetrantes.

Varios años más tarde, después de los descubrimientos de Marie Curie, de Ernest Rutherford y de otros, cuando el trabajo preliminar de Becquerel creció en importancia, él publicó su evidencia fotográfica inicial referente al sulfuro de calcio. Hay, sin embargo, una copia más antigua de la fotografía de Becquerel, enviada a Lord Kelvin en 1897, que yo pude estudiar en Cambridge.<sup>2</sup>



El polvo fosforescente fue encerrado en un pequeño tubo tapado por una lámina de vidrio y sellado con parafina, y separado de la placa fotográfica por una hoja del aluminio con 2 milímetros de espesor. La impresión producida parecía mostrar la refracción y la inflexión total de la radiación en los bordes de la lámina de vidrio y de la parafina.

La fotografía muestra en efecto los detalles descritos por nuestro físico y, en este tiempo, era compatible con su interpretación. Becquerel parecía orgulloso de esta evidencia, y proporcionó también copias de la fotografía de la refracción a otros investigadores.

En trabajos posteriores, después que Rutherford encontró que no ocurría la refracción de la radiación del uranio, Becquerel atribuyó su error a este experimento con sulfuro de calcio. Sin embargo, Becquerel había descrito un efecto similar observado con el nitrato de uranio. El experimento del sulfuro de calcio no era la única evidencia que presentó para la refracción de las radiaciones penetrantes.

No se puede explicar por nuestro conocimiento físico la emisión de la radiación penetrante por el sulfuro de calcio observado por Becquerel. En una comunicación posterior, Becquerel señaló que las muestras de sulfuro de calcio que habían dado efectos fuertes en experimentos anteriores eran inactivas ahora. Él intentó estimular esas muestras por la luz, el calor y frío, sin resultados (BECQUEREL, 1896d).

Cuando Henri Becquerel señaló que sus muestras fosforescentes mantenidas en la oscuridad emitían todavía la radiación penetrante, concluyó que el fenómeno podía ser debido a una cierta clase de fosforescencia invisible, de larga duración. En su tercer artículo señaló que el efecto todavía fue observado cuando las muestras eran mantenidas en la oscuridad por 7 días. Hoy en día creemos que la radiactividad es una emisión espontánea de la radiación, que no puede ser aumentada ni ser disminuida por los estímulos físicos comunes (luz, calor, etc.). En el caso del uranio, la emisión disminuye muy lentamente — una disminución que no se puede detectar en pocos años.

En otra comunicación Becquerel señaló que la emisión de la radiación por el compuesto de uranio se podía aumentar cuando la muestra era expuesta a la luz del Sol o de un arco voltaico, o por chispas eléctricas (BECQUEREL, 1896d). Estudió este cambio de la radiación por dos métodos: comparó fotografías obtenidas antes y después de la acción de la luz, y empleó también medidas eléctricas de la radiación. En los dos casos, señaló un aumento claro (sobre 10%) cuando la sal de uranio fue excitada por la luz. Esto confirmaba su creencia de que el fenómeno era debido a una fosforescencia invisible.

Una característica importante de ondas transversales es la posibilidad de polarizarlas. Desde el descubrimiento de los rayos X varios investigadores habían intentado polarizarlos. Aunque algunos autores señalaron resultados positivos, la mayoría de los observadores no pudieron detectar la polarización de los rayos X.

Henri Becquerel creía que la radiación que él estudiaba era similar a la luz. Él ya había “probado” que los rayos del uranio podían ser refractados y reflejados. Era natural examinar si podían ser polarizados. En un nuevo trabajo él señaló evidencia positiva para la polarización de la radiación del uranio (BECQUEREL, 1896e). Una placa fotográfica fue envuelta en papel negro. Sobre el papel colocó trozos de láminas finas de cristal de turmalina en direcciones paralelas y perpendiculares. Un cristal de sulfato doble de uranio y de potasio fue colocado arriba de este dispositivo. Al decir de Becquerel, el efecto con turmalinas paralelas era “considerablemente más fuerte” que con turmalinas cruzadas. Le parecía que esta evidencia mostraba la refracción doble y la polarización de los rayos del uranio. En

este caso, como en algunos otros, Becquerel tenía evidencia experimental muy escasa: su experimento de la polarización consistía en un solo ensayo (quizás repetido una vez, varios días después). Una de las piezas de evidencia más cruciales para la interpretación de la naturaleza de los rayos de uranio era la diferencia entre dos borrones oscuros difusos en una placa fotográfica.

En buena hora: para nosotros este efecto no existe.

En este tiempo los experimentos de Becquerel parecían probar claramente que la radiación emitida por los compuestos de uranio era una clase de onda transversal electromagnética, puesto que podía ser reflejada, refractada y polarizada. El fenómeno podía ser interpretado como un ejemplo de fosforescencia invisible, puesto que la emisión de la radiación parecía aumentar cuando la muestra era excitada por la luz.

Antes de 1898, el trabajo de Becquerel no fue sometido a la duplicación o a la crítica sistemática. Desde este año, sin embargo, su investigación fue criticada por varios científicos (MARTINS, 1990). Gustave le Bon repitió el experimento de polarización y no observó ningún efecto. Elster y Geitel encontraron que la emisión de la radiación de uranio no se podía aumentar con la excitación por la luz del Sol: la intensidad permanecía constante durante varios meses. Ésta parece la primera vez que el concepto de una fosforescencia invisible del uranio fue criticado. Marie Curie también observó, poco tiempo después, que la radiación era constante.

En su primer artículo sobre la radiación emitida por el torio (en 1898), Schmidt creyó que había encontrado evidencia favorable para la refracción, pero no encontró ningún trazo de la polarización. A principios de 1899 Rutherford confirmó que el experimento de Becquerel sobre polarización estaba equivocado. En el mismo artículo este físico describió experimentos para ensayar la refracción de los rayos de uranio con prismas del cristal, de aluminio y de parafina. Él no observó ninguna desviación de la radiación.

El año de 1899 Rutherford identificó dos clases de radiación (llamadas por él  $\alpha$  y  $\beta$ ) estudiando la absorción de la radiación por hojas de aluminio. Algunos meses más tarde, Giesel mostró que se podía desviar la radiación  $\beta$  por un imán y por lo tanto no podía ser una radiación electromagnética. Después de algunos años emergió una visión totalmente nueva: los cuerpos radiactivos emiten tres clases de radiación; dos de ellas ( $\alpha$  y  $\beta$ ) pueden ser desviadas por los campos magnéticos (y por lo tanto llevan cargas eléctricas), y el tercero ( $\gamma$ ), que no se desvía, es semejante a los rayos X. La naturaleza de la radiación emitida por el uranio y otros cuerpos radiactivos era totalmente diferente de lo que Becquerel había creído y "demostrado" por sus experimentos.

La base central de nuestra actual teoría de la radiactividad fue construida por Rutherford y Soddy en 1902-3. Ellos presentaron fuerte evidencia de la transformación gradual de elementos radiactivos, de la existencia de la serie radiactiva y de la liberación espontánea de la energía interna de los átomos.

El año de 1899 Henri Becquerel admitió por la primera vez algunos de sus errores iniciales, pero intentó difundir la creencia de que él mismo los había corregido (BECQUEREL, 1899). A partir de entonces dedicó mucho de su energía para establecerse como el verdadero descubridor de la radiactividad.

Hasta el 1898 Becquerel nunca había descrito la emisión de la radiación de uranio como "espontánea". Luego, cuando éste fue visto como uno de los aspectos fundamentales de la radiactividad, Becquerel reinterpretó su trabajo e alegó que en sus primeros trabajos ya

había concluido que la radiación era espontánea, independiente de cualquier excitación (BECQUEREL, 1900). Nunca admitió que él había sido incorrecto y que Elster, Geitel y Schmidt lo habían corregido.

En el primer capítulo de su libro, donde se presentan las características fundamentales de la radiación del uranio, Henri Becquerel describió toda la evidencia como si él solo hubiera llegado a todas las conclusiones correctas: la radiación es espontánea, no es incrementada por la excitación por los agentes físicos, los rayos no se pueden reflejar, refractar ni polarizar, etc. (BECQUEREL, 1903). No les dio ningún crédito a Rutherford, a Elster, a Geitel, a Schmidt, a Le Bon y a otros.

Rutherford leyó el libro de Becquerel y no le gustó lo que encontró allí. Escribió cartas a varios de sus amigos, pidiéndoles su opinión sobre el libro de Becquerel. Soddy le escribió: "Acabo de conseguir el libro de Becquerel, pero más allá de la impresión que ofrece de que él, Becquerel, es una persona muy ignorante, todavía no he formado ninguna opinión sobre ello."<sup>3</sup>

Hoy sabemos que Becquerel fue el autor de muchos errores experimentales. Para discutir estos errores es necesario depender del uso del conocimiento científico posterior. Hay en nuestros días una resistencia contra el uso del conocimiento anacrónico dentro de la historia de la ciencia, pero hay también buenos argumentos para su uso, en este caso. Sin un análisis anacrónico no es posible saber que Becquerel se engañó; y podemos sí decir que él hizo errores, pues pocos años después de la publicación de sus trabajos sus errores fueron corregidos, y Becquerel no contestó a las críticas.

Hay que entender la fuente de esos errores, y discutir la existencia de reglas metodológicas que pueden ayudar a evitar tales errores.

Solamente las conclusiones serán presentadas aquí puesto que es imposible presentar en esta comunicación un análisis detallado de todas las equivocaciones de nuestro personaje principal. En todos los casos, Becquerel fue influenciado fuertemente por sus concepciones teóricas. Sus fallas, sin embargo, pertenecen a diversas clases.

a) Experimento del sulfuro de calcio: él (o su ayudante) cometió un error grosero — el experimento no fue realizado tal como previsto y descrito. Una vez que este error fue hecho y pasado por alto, la evidencia fotográfica parecía favorable la interpretación de Becquerel.

b) Medida eléctrica del incremento de la emisión de la radiación por la luz: Becquerel no se conformó a algunas reglas bien conocidas sobre la medida y la manipulación de datos cuantitativos.

c) Evidencia fotográfica para la polarización y para el aumento de la radiación por la luz: la evidencia fotográfica era poco concluyente, pero Becquerel la presentó como si ella autorizara llegar a conclusiones definidas.

d) Evidencia fotográfica para la reflexión y la refracción de la radiación del uranio: o la evidencia fotográfica era poco concluyente, como arriba, o Becquerel defraudó su informe.

¿Eran los errores de Becquerel inevitables? ¿Podía una metodología experimental mejor conducir Becquerel a la obtención de resultados correctos? Quizás.

A fines del siglo XIX Jevons recomendaba: "Así el investigador apto debe combinar calidades diversas: debe tener nociones claras del resultado que espera y confianza en la verdad de sus teorías, pero además debe tener esa sinceridad y flexibilidad de la mente que le permita aceptar resultados desfavorables y abandonar visiones erróneas" (JEVONS, 1958, p. 404).

Por supuesto, es más fácil opinar sobre la actitud correcta que mostrar cómo puede ser lograda. Hay, sin embargo, una regla metodológica simple: uno debe repetir y variar sus experimentos.

Suponga que Becquerel hubiera repetido y variado sus ensayos: él encontraría resultados contradictorios. Si él no fuera excesivamente obstinado, es probable que pudiera corregir sus errores anteriores. En varios casos (tales como el experimento de la polarización), Becquerel hizo un único experimento y saltó a las conclusiones. En otros casos, repitió y varió sus experimentos – pero eso no le llevó a corregir su opinión anterior. Tal fue el caso de sus experimentos sobre el incremento de la radiación por la excitación luminosa y el de la refracción. Parece que Henri Becquerel era realmente demasiado obstinado para corregir sus propias opiniones. Tenía una confianza tan fuerte en su interpretación de que la radiación emitida por los compuestos de uranio era una fosforescencia invisible que no fue capaz de percibir y de corregir sus errores.

Ninguna regla metodológica conducirá a resultados seguros en las manos de científicos rudos. Los errores de Becquerel eran evitables y una metodología experimental mejor podría conducir a resultados correctos – en las manos de otro investigador. Becquerel, sin embargo, no tenía el entrenamiento experimental adecuado y la actitud correcta. Por supuesto, hasta el mejor experimentador cometerá errores. Por esa razón, es deseable que el edificio de la ciencia sea el resultado de un trabajo colectivo.

### Agradecimientos

El autor agradece el auxilio recibido del Fondo de Apoyo a la Enseñanza y a la Investigación (FAEP) de la UNICAMP para la presentación de este trabajo, y el soporte del Consejo Nacional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico de Brasil (CNPq), cuyo apoyo permitió la realización de esta investigación.

### Notas

<sup>1</sup> Es posible discutir si Becquerel realmente descubrió la radiactividad, utilizando el análisis presentado en MARTINS (1999).

<sup>2</sup> Carta de Henri Becquerel a Lord Kelvin, el 3 Agosto 1897, Cambridge University Library, manuscrito Add 7342.B52

<sup>3</sup> Carta de Frederick Soddy a Ernest Rutherford, el 12 Diciembre 1903, Cambridge University Library, manuscrito Add 7653.S117

### Bibliografía

- BECQUEREL, Henri. Sur les radiations émises par phosphorescence. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 122: 420-1, 1896 (a).
- BECQUEREL, Henri. Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 122: 501-3, 1896 (b).
- BECQUEREL, Henri. Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 122: 559-64, 1896 (c).
- BECQUEREL, Henri. Sur les radiations invisibles émises par les sels d'uranium. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 122: 689-94, 1896 (d).
- BECQUEREL, Henri. Sur les propriétés différentes des radiations invisibles émises par les sels d'uranium, et du rayonnement de la paroi anticathodique d'un tube de Crookes. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 122: 762-7, 1896 (e).



- BECQUEREL, Henri. Note sur quelques propriétés du rayonnement de l'uranium et des corps radio-actifs. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 128: 771-7, 1899.
- BECQUEREL, Henri. Sur le rayonnement de l'uranium et sur diverses propriétés physiques du rayonnement des corps radio-actifs. En: GUILLAUME, Charles-Édouard & POINCARÉ, Lucien (eds.). *Rapports Présentés au Congrès International de Physique Réuni à Paris en 1900*. Paris: Gauthier-Villars, 1900, vol. 3, pp. 47-78, at p. 48.
- BECQUEREL, Henri. Recherches sur une propriété nouvelle de la matière – activité radiante spontanée ou radioactivité de la matière. Paris: Gauthier-Villars, 1903.
- JEVONS, W. Stanley. *The principles of science: a treatise on logic and scientific method*. New York: Dover, 1958.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 7: 27-45, 1990.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Becquerel and the choice of uranium compounds. *Archive for History of Exact Sciences* 51 (1): 67-81, 1997.
- MARTINS, Roberto de Andrade. ¿Que es el descubrimiento científico de un nuevo fenómeno? En SOTA, Eduardo & URTUBEY, Luis (eds.). *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las IX Jornadas*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Filosofía y Humanidades, 1999. Vol. 5 (n. 5), pp. 281-88.