



Revista *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

Del papel de los instrumentos científicos en la enseñanza de las ciencias. una propuesta de enseñanza de la radioactividad "diseño de una propuesta de enseñanza de la radioactividad a partir del uso de instrumentos científicos (avances)"

Alejandro Leal Castro
Universidad del Valle
alejandro.leal@correounivalle.edu.co

Henry Giovany Cabrera Castillo
Universidad del Valle
henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

Línea temática: Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia y Naturaleza de la Ciencia.

Modalidad: 2

Resumen

Esta ponencia surge de un proceso de investigación doctoral no concluido, cuyo objetivo se centra en el diseño de una propuesta de enseñanza de la radioactividad desde una perspectiva histórica y filosófica, a partir del rol desempeñado por los instrumentos científicos. En particular, se destaca el papel de los instrumentos científicos como condición de posibilidad para la construcción de conocimiento científico escolar. Para esto, se analizan algunos instrumentos tales como la placa fotográfica de Becquerel el cuarzo piezoeléctrico y el electrómetro. Lo anterior permite afirmar que los instrumentos científicos en la enseñanza de las ciencias tienen una función múltiple que consiste, principalmente, en medir las propiedades de un fenómeno, representar diferentes formas de aproximación al conocimiento escolar construido y crear nuevos sentidos y realidades para los estudiantes.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, radioactividad, instrumentos científicos, Historia y Filosofía de la Ciencia.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una propuesta de enseñanza de la radioactividad desde una perspectiva histórica y filosófica, a partir del papel desempeñado por los instrumentos científicos.

Objetivos específicos

- Identificar los instrumentos científicos asociados a la radioactividad en los Textos Científicos Históricos (TCH).

- Analizar los instrumentos científicos históricos identificados, para la enseñanza de la radioactividad.
- Determinar aportes para el diseño de una propuesta de enseñanza de la radioactividad a partir del papel desempeñado por los instrumentos científicos.

Marco teórico

Perspectiva del instrumento científico

La perspectiva que resalta el uso de los instrumentos en la actividad científica se nutre de los aportes realizados por Hacking (1982) para quien existen dos tipos de realismo. El realismo sobre las teorías y el realismo sobre las entidades. El primero busca decir verdades acerca del mundo. Por su parte, El realismo sobre las entidades (procesos, estados, ondas, corrientes, interacciones, campos, agujeros negros) afirma la existencia de estas entidades.

La realidad de las entidades se construye al elaborar nuevos instrumentos que usan diversas propiedades causales de la entidad para intervenir en otra parte más hipotética de la naturaleza. El instrumento debe estar en la capacidad de aislar, físicamente, las propiedades de las entidades que se desean usar y atenuar todos los otros efectos que conducen a otros caminos (Hacking, 1982).

De este modo, los instrumentos científicos son fundamentales para estudiar las propiedades que causan la entidad. Adicionalmente, afirma este autor, que el diseño de los instrumentos científicos está relacionado de manera muy estrecha con las verdades sobre la entidad para producir otro fenómeno que se desea investigar. Según García (2014) los instrumentos científicos son fundamentales en la construcción del conocimiento científico (García, 2014) y en la práctica científica misma. De acuerdo con Izquierdo (2000), para estudiar la ciencia es imperativo tener en cuenta el rol que juegan tanto los instrumentos científicos como el lenguaje.

El desarrollo de instrumentos y el despliegue de la actividad experimental se corresponde con la idea según la cual la ciencia no solamente consiste en conocer y develar los aspectos del mundo, situándose estrictamente en el plano cognoscitivo, sino que va más allá pues tiene la capacidad de transformarlo. Es lo que Hacking (1992) asocia con la expresión intervenir. En esta misma dirección y en relación con su valor didáctico Höttecke, Henke, & Riess (2012) afirman que replicar instrumentos históricos permite estudiar el carácter procesual y situado de la ciencia y los experimentos. Estos mismos autores resaltan la necesidad de conectar éstos con la cultura en la cual se encuentran inmersos y los materiales requeridos para su implementación, así como la importancia de que los estudiantes participen en su diseño, lo cual implica comprender el principio de trabajo científico del instrumento, así como los detalles técnicos.

A raíz de lo expuesto, este trabajo de investigación asume que el estudio de los instrumentos científicos está enmarcado en el realismo por las entidades que afirma la existencia de ideas y conceptos científicos al elaborar instrumentos que pueden aislar las propiedades de ciertas

entidades para intervenir en la creación de otras y producir nuevos fenómenos. Lo anterior permite reflexionar sobre las propiedades que generan la existencia de tal entidad. Otra de las características de los instrumentos científicos consiste en su capacidad para medir, así como en representar y reproducir ciertos fenómenos

Así las cosas, los instrumentos científicos son condición de posibilidad para la construcción del conocimiento científico escolar. Estos son, por tanto, vitales en la práctica científica e implican comprensión teórica del fenómeno, la construcción técnica y conceptual del instrumento Pickering (1989), las observaciones realizadas, los datos generados y los procedimientos aplicados. Por lo anterior, para efectos de este trabajo se asumen las propuestas de este autor y también de Baird (2004) quien explica la existencia múltiples epistemologías en el estudio de los instrumentos científicos.

¿Qué es la radioactividad?

La radioactividad es una propiedad natural de la materia (Kennedy, 1905) que consiste en la capacidad de una sustancia química de producir rayos en su condición natural, de manera espontánea. El término es empleado para indicar que una sustancia es activa en radiación, que emite radiaciones. Este fenómeno se presenta a nivel atómico (Sánchez, 2000), de modo que cada átomo funciona como una fuente constante de energía.

Desde esta perspectiva, la radioactividad sucede en el átomo y tiene que ver, principalmente, con un decaimiento espontáneo, es decir, con la transformación de un núcleo inestable en otro más estable. De acuerdo con Annuziata (2007) “La radioactividad es el proceso del decaimiento espontáneo y la transformación del núcleo atómico inestable con la emisión de partículas nucleares y/o radiación nuclear” (p.1).

En este proceso de decaimiento existe emisión continua de energía o fotones por parte de los cuerpos radiactivos. Los átomos de dichos cuerpos se encuentran en desintegración espontánea. En los procesos de tipo de radiactivo los átomos se desintegran transformándose en átomos de otro elemento (Schubert & Lapp, 1959) y, en consecuencia, se encuentran acompañada de nuevos tipos de materia activa.

¿Por qué se produce la radioactividad? Para dar respuesta a este interrogante hay dos conjeturas. En la primera, los átomos de materia radiactiva pueden actuar como transformadores de energía, que extraen de alguna manera del medio que les rodea. En la segunda, la energía de la actividad radiactiva es una propiedad inherente del propio átomo. Según Rutherford (1906), citado por Sánchez (2000) lo más probable es que la causa primaria de la desintegración atómica esté encerrada en el propio átomo, y que se deba a la pérdida de energía del propio átomo en forma de radiación electromagnética. Este fenómeno fue descubierto en 1896 por Henri Becquerel (Annuziata, 2007; Sánchez, 2000; Schubert & Lapp, 1959).

Metodología

El enfoque cualitativo

El estudio se adscribe a un enfoque interpretativo en el marco de la investigación cualitativa. Por lo anterior, su lenguaje no es neutral pues lo que se intenta es dotar de sentido la realidad en la que están inmersos los sujetos a partir de su propia mirada (Latorre, del Rinón, & Arnal, 1996, Cerda, 2008). Lo anterior permite el diseño de actividades de enseñanza cuyo eje principal sean los instrumentos científicos. Para recurrir a fuentes originales estos instrumentos son identificados en Textos Científicos Históricos (TCH), esto es, la etapa 1 del proceso de investigación.

Etapa 1. Selección de Textos Científicos Históricos (TCH)

Los Textos Científicos Históricos (TCH) son escritos originales que han sido elaborados a través de artículos, notas de laboratorios, libros y comunicaciones en el seno de las comunidades científicas. Los trabajos de investigación sobre *HFC en la enseñanza de las ciencias* se nutren de los TCH para recontextualizarlos con fines didácticos. Así lo expresan Cabrera (2016) y Stiefel (1996). Estos Textos Científicos Históricos son de vital importancia debido a que se constituyen en la fuente original que permite encontrar de manera fidedigna cuáles fueron los instrumentos científicos empleados en el estudio de la radioactividad, sus diferentes funcionales, montaje experimental, ensamblaje, características y diversos usos que se le han otorgado.

Etapa 2. Análisis TCH

Para analizar los instrumentos científicos presentes en los TCH se implementará la técnica de la rejilla de análisis, en tanto un instrumento para evaluar la producción escrita (Calderón, s.f.). Ésta permite condensar la información de una situación de enunciación y permite, además, establecer un diálogo con los textos para analizarlos.

El análisis de los TCH se realizará a través de la técnica de la rejilla que tiene en cuenta la población objeto de estudio, esto es, las unidades documentales escritas, susceptibles de ser estudiadas de acuerdo a los intereses de la investigación. En aras de delimitar la población, se seleccionarán ciertas unidades documentales que se constituyen en la muestra. Posteriormente, se tomarán las unidades de análisis, es decir, los segmentos que van a ser analizados (Fernández, 2002)

Una vez se han definido las unidades análisis, es necesario establecer las unidades de contexto que se encargan de darle sentido a las primeras al constituirse en un marco interpretativo localizable de lo sobresaliente en las unidades de análisis. Posteriormente, se agrupan dichas unidades que dan origen a las categorías de orden emergente de acuerdo a los propósitos de la investigación. La codificación consiste “en la transformación de las unidades de análisis, categorías y subcategorías, identificadas en los pasos anteriores, en unidades de registro que permitan su descripción para el análisis posterior” (Fernández, 2002, p.39). Finalmente, se realiza el respectivo análisis.

Etapa 3. Análisis de instrumentos científicos

Una vez se han identificado los instrumentos científicos se procede con su análisis. Los instrumentos científicos son condición de posibilidad para la construcción de conocimiento científico. Estos son, por tanto, vitales en la práctica científica e implican comprensión teórica del fenómeno, la construcción técnica y conceptual del instrumento, las observaciones realizadas, los datos generados y los procedimientos aplicados. De este modo, es de vital importancia que estos sean identificados para posteriormente profundizar en su estudio a través de la literatura y las colecciones sobre historia de la ciencia. Una vez se han identificado los instrumentos científicos en los *TCH* es indispensable caracterizarlos, estudiar sus funciones, múltiples epistemologías, ensamblaje e importancia en la constitución del campo conceptual y fenoménico de la radioactividad.

Con el fin de analizar los instrumentos científicos que han sido identificados se parte de un proceso de interpretación y categorización preestablecida. Es fundamental destacar que este tipo de categorización es clave porque permite un análisis por medio de un conjunto de criterios que dan cuenta de la riqueza fenoménica, conceptual y procedimental asociada al uso de los instrumentos científicos. El diálogo permanente entre la producción académica en lo relacionado con la historia de la radioactividad y, en particular con el estudio de los instrumentos científicos es la base para discutir una pregunta fundamental en el desarrollo de la tesis que es: ¿Cómo enseñar radioactividad?

Etapa 4. Propuesta de enseñanza

Las contribuciones surgidas a partir del estudio histórico – filosófico de los instrumentos científicos asociados a la radioactividad permiten diseñar una propuesta para la enseñanza de la radioactividad. Es así como en esta etapa se incorporan elementos de las etapas 1, 2 y 3. Esto es, la etapa 4 se constituye en la materialización didáctica a partir del análisis de los instrumentos científicos que se ha identificado previamente en los *TCH*.

Diseñar una propuesta de enseñanza de la radioactividad desde esta perspectiva tiene varias ventajas. Primero, se resalta la necesidad de reconocer que en el contexto escolar de ciencia la práctica es fuente generadora de conocimiento científico escolar y que el punto de partida para que este sea elaborada no es necesariamente la teoría, las guías o talleres elaborados previamente. En este contexto se resignifica el papel de los experimentos y en especial de los instrumentos científicos como elementos sustanciales de la práctica científica escolar.

Segundo, permite resaltar el potencial que tienen los instrumentos no solamente para medir las propiedades de un fenómeno sino que estos pueden también representar diferentes formas de aproximación al conocimiento escolar construido, lo cual permite además crear nuevos sentidos y realidades para los estudiantes –tercer aspecto por destacar-. Esto revela la importancia de comprender la necesidad de estudiar los fenómenos, así como de abordar propuestas que permitan cultivar la creatividad y la imaginación, aspectos fundamentales para fomentar una actitud científica, al tiempo que permiten tejer narrativas ricas y complejas en la educación en ciencias.

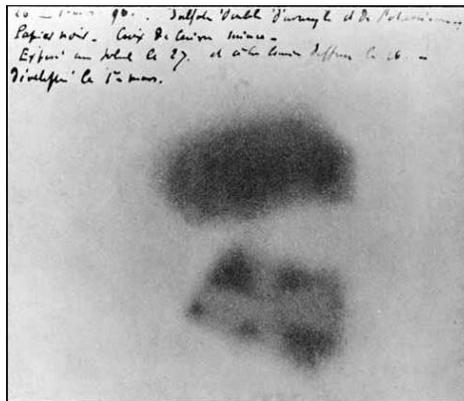
De este modo, es de vital importancia reconocer los intereses generados en la producción de estos, comprender sus funciones, reconstruir las pistas implementadas por quien los creó y destacar su valor conceptual y fenomenológico en el presente trabajo de investigación, para diseñar la propuesta de enseñanza.

Resultados preliminares

La placa fotográfica de Becquerel

Un instrumento científico fundamental en el estudio de la radioactividad son las placas fotográficas de Becquerel que permitieron evidenciar los rayos emitidos por las sales de uranio. Para empezar, se depositaron estas sales sobre la placa fotográfica expuestas a muy poca luz solar, para lo cual fueron recubiertas en un envoltorio de cartón negro. Entre la placa y los cristales de Uranio fue situada una moneda de plata. Bajo estas condiciones y a pesar de la poca luz recibida, Becquerel encontró la silueta de las monedas revelada en la placa fotográfica tal como se ve en la figura 4. De esta manera, presumió que el sol no tenía mucho que ver pues la fuerza de la imagen se debía a la intensidad de los rayos producidos por las sales de uranio.

Figura 1. Placa fotográfica de Becquerel



Fuente: Histoire Naturelle de la Radioactivité (1996)

Las placas fotográficas de Becquerel permitieron representar una propiedad que poseen las sustancias radioactivas que es la emisión de rayos, causantes de la ionización del aire. Estos rayos actúan sobre las placas fotográficas. La radiación emitida por estas le permitió a Marie Curie realizar sus trabajos que tuvieron como protagonista principal otro instrumento científico, denominado el cuarzo piezoeléctrico.

El cuarzo piezoeléctrico

Un segundo instrumento que permitió ampliar el campo conceptual y fenoménico de la radioactividad es el cuarzo piezoeléctrico. El cuarzo piezoeléctrico (figura 2) fue un instrumento científico fundamental para las investigaciones llevadas a cabo por los esposos Curie que se basaba en piezoelectricidad, esto es, en la generación de electricidad por los cristales de cuarzo

al ser sometidos a una fuerza. Así, cuando se sometía un cristal de cuarzo a una fuerza aparecía una carga superficial proporcional a la presión ejercida.

Figura 5. Cuarzo piezoeléctrico



Fuente:

http://museovirtual.csic.es/csic75/instrumentos/cuarzo_piezoelectrico/cuarzo_piezoelectrico.html#tabr4

Marie Curie decidió utilizar este generador de electricidad para construir un sistema de medida de muy bajas corrientes. Cuando se colocó un peso en las bandejas de la parte inferior se generó una fuerza sobre el cristal o lámina de cuarzo, de modo que ésta tenía que estirarse generando una carga superficial en las placas metálicas. Al disminuir dicha fuerza se libera carga que va a la tierra. Los resultados obtenidos indicaron una gran actividad de todos los compuestos de Uranio como del Torio (Th), aunque, en términos precisos, quien observó la radiactividad de este último elemento fue Schmidt (1865-1949). En el mismo sentido, el Niobio y el Cerio también mostraron una ligera radiactividad.

De este modo, ella no se interesó tanto por representar la imagen que proyectaba el uranio en placas fotográficas, sino que prefirió determinar la intensidad de su radiación a través de la medición de la conductividad del aire expuesto a la acción de los rayos y formuló una hipótesis que consistió en afirmar que la emisión de rayos por la composición del uranio podría ser una propiedad atómica del Uranio como elemento.

Referencias bibliográficas

Annuziata, M. (2007). *Radioactivity. Introduction and History* (1st ed.). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.

Baird, D. (2004). *Thing Knowledge. A philosophy of Scientific Instruments*. London, Inglaterra: University of California.

Cabrera, H. G. (2016). *Aportes a la enseñanza de la Química a partir de un estudio histórico –*

filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial. (Disertación doctoral Doctorado Interinstitucional en Educación –DIE–), Universidad del Valle, Cali.

Fernández, F. (2002). El análisis de contenido como ayuda metodológica para la investigación. *Revista de Ciencias Sociales*, 2 (96), 35 – 53.

García, Á. (2014). Prácticas experimentales e instrumentos científicos en la construcción del conocimiento científico escolar Historia y filosofía de la ciencia. En M. Quintanilla, S. Daza, & H. Cabrera (Eds.) (1st ed.). *Aportes para una nueva aula de ciencias promotora de ciudadanía y valores* (pp. 101 – 131). Santiago de Chile, Chile: Bellaterra.

Hacking, I. (1982). Experimentation and Scientific Realism. *Philosophical Topics*, 13(1), 71–87.

Hacking, I. (1992). *Representing and intervening*. Cambridge: Cambridge University Press

Höttecke, D., Henke, A., & Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching : Strategies , Methods , Results and Experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, 21, 1233–1261. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9330-3>

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos de la didáctica de las ciencias. En: Perales y Cañal (Eds). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil

Kennedy, R. (1905). *The new knowledge: a popular account of the new physics and the new chemistry in the relation to the new theory of matter*. New York: A.S. Barnes & Co.

Latorre, A., del Rinón, D., y Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa* (Primera Ed.). Barcelona: Grafiques.

Pickering, A. (1989). Living in the material world. En: Gooding, Pinch y Schaffer (eds.). *The uses of experiment*. Cambridge: The Cambridge University Press.

Sánchez, J.M. (2000). *Marie Curie y su tiempo*. Barcelona: Editorial Crítica.

Schubert, J. & Lapp, R. (1959). *Radiación y radiactividad*. Buenos Aires: Compañía General Fabril Editora.

Stiefel, B. M. (1996). Aproximación didáctica a textos científicos originales. *Alambique (Versión Electrónica)*, (8), 1–7.