

## RECREACIÓN DEL EXPERIMENTO DE HERTZ PARA LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Fantini, Juan A.<sup>1</sup>; Tecco, Lucía E.<sup>1</sup>; Fourty, Andrea L.<sup>1,2</sup>; Navone, Hugo D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR); <sup>2</sup> Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR)

andreafourty@gmail.com

### RESUMEN

En este trabajo presentamos una propuesta didáctica destinada a alumnos de Educación Secundaria que busca estimular la reflexión sobre la relación de la ciencia con la sociedad, utilizando la recreación de un experimento histórico con elementos accesibles, seguros, de fácil montaje y de bajo costo. El desarrollo de la misma se realizó dentro del espacio curricular Taller de Práctica de la Enseñanza III del Profesorado de Física de la FCEIA. Nuestra propuesta consiste en comenzar con un recorrido histórico que muestre la sucesión de diversos acontecimientos relacionados con el magnetismo, la electricidad, el electromagnetismo y de otros hechos significativos para la humanidad o para nuestra sociedad, con el fin de situar en contexto el proceso de construcción de conocimiento científico que surge a partir de esta nueva fenomenología. En particular, nos centramos en la importancia del experimento realizado por Heinrich Hertz en 1888, para luego recrearlo y analizarlo desde un punto de vista cualitativo. El hecho de que el fenómeno estudiado se emplee en muchos dispositivos de uso cotidiano permite ver a estos artefactos como construcciones del desarrollo tecnocientífico, atribuirles historia y dotarlos de significado, así como mostrar una importante relación de la física con nuestra propia realidad.

**Palabras clave:** Electromagnetismo, Educación Secundaria, Experimento de Hertz, Propuesta didáctica.

### 1. INTRODUCCIÓN

Como estudiantes de los últimos años del Profesorado de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, hemos observado que los adolescentes que cursan la Educación Secundaria consideran a la física como un obstáculo, como una materia vacía de contenido, difícil de comprender y ajena a la realidad. La física, para ellos, parece haber perdido su sentido como construcción humana, como respuesta a motivaciones reales de comprender fenómenos y de resolver problemas. Con la intención de mejorar esta situación nos pusimos como meta generar una estrategia didáctica que muestre a la física como un conocimiento accesible, interesante y útil. El desarrollo de esta propuesta se realizó dentro del espacio curricular Taller de Práctica de la Enseñanza III. Para realizarla asumimos el rol de aprender como estudiantes y de pensarnos como docentes, de manera que, para nosotros mismos, se constituyó en una instancia doblemente formativa.

La estrategia didáctica elaborada está centrada en un contenido que pertenece al campo temático del electromagnetismo (inducción electromagnética) que, si bien está contemplado en el Diseño Curricular para la Educación Secundaria Orientada de la Provincia de Santa Fe para

trabajar en Física de tercer año, en general no se aborda debido probablemente a la complejidad de su formalismo matemático. Sin embargo, el electromagnetismo en general y la inducción electromagnética en particular, forman parte de nuestra vida cotidiana ya que están presentes en múltiples dispositivos que utilizamos diariamente.

Teniendo todo esto en cuenta, y con el propósito explícito de cubrir esta área de vacancia en la educación secundaria, hemos procurado una manera de abordar el tema desde un enfoque cualitativo, estructurándolo en torno a la recreación de un experimento histórico que permite trabajar con particular énfasis sobre la dimensión conceptual.

## **2. PROPUESTA DIDÁCTICA**

### **2.1. Fundamentación**

Nuestra propuesta fue diseñada para alumnos de tercer año del secundario que hayan abordado conceptos relacionados con magnetismo y electricidad, con el fin de incluir el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética. Esta temática se encuentra presente en el Diseño Curricular de Educación Secundaria de nuestra provincia para la Orientación Ciencias Naturales en la asignatura Física, bajo el eje “En relación a las ondas electromagnéticas”.

El objetivo de la propuesta no sólo es abordar el concepto de inducción electromagnética con la ayuda de la recreación del experimento de Hertz, sino también poner en evidencia el proceso de construcción del conocimiento científico y sus repercusiones directas en la vida cotidiana. Al utilizar la recreación de un experimento histórico situándolo en su contexto de producción, pretendemos mostrar a la ciencia como proceso y no como producto, apelando a enfoques provenientes del campo de Naturaleza de las Ciencias (Adúriz-Bravo 2005). Además, basándonos en las recomendaciones de APA Work Group of the Board of Educational Affairs citadas en Pérez Gómez (2011), como nuestro fin es generar un aprendizaje relevante, para el cual es necesario que los estudiantes consideren útiles los conocimientos a incorporar ampliando saberes y competencias a la vez que se enriquecen sistemas de valores, sensibilidades y afectos, proponemos actividades que estimulen la exploración, la comunicación con otros, las relaciones interpersonales y el aprendizaje cooperativo; combinando, para ello, actividades lúdicas, trabajo experimental y espacios de reflexión que propicien un ambiente agradable en el aula y fortalezcan la relación entre pares y entre el docente y los estudiantes.

El Diseño Curricular de Educación Secundaria Orientada de la Provincia de Santa Fe expresa que: “En las instituciones escolares se reconocen hoy nuevos sujetos que se sientan en los mismos bancos que ayer pero no son los mismos, produciéndose entonces un desencuentro entre la escuela y la cultura contemporánea”. Por dicha razón, desde esta perspectiva, nuestra propuesta tiene como objetivo propiciar el aprendizaje en contexto, promoviendo la comprensión de la naturaleza de los fenómenos físicos, así como su relación con la tecnología y la sociedad.

### **2.2. Secuencia didáctica**

Nuestra propuesta didáctica se centra en el concepto de onda electromagnética, la forma en que se propaga por el espacio y su relación con las nuevas tecnologías. Se usó como estrategia didáctica la descripción fenomenológica y su aplicación a eventos cotidianos, sin énfasis en la formalización matemática de las ondas electromagnéticas. Con el fin de potenciar el aprendizaje, las actividades se focalizan en la construcción de estrategias de exploración y descubrimiento; favoreciendo explícitamente el trabajo cooperativo y las relaciones alumno-alumno. El trabajo en grupo promueve la ayuda mutua para aprender nuevos conceptos y superar errores, enriquece la disposición afectiva de todos los participantes y, de esta manera,

da lugar a la emergencia de procesos de compensación entre pares enriqueciendo todo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El diseño de toda la estrategia didáctica, así como su articulación secuencial, está dirigido a promover la comprensión del proceso de construcción de los conocimientos científicos, pero sin proponer un enfoque historicista rígido, ni tampoco considerar a la Historia de la Ciencia como un conjunto de anécdotas curiosas y dispersas. El marco histórico que proponemos tiene como objetivo desplegar la dimensión social y cultural de la práctica científica, situando a los conceptos en el contexto de sus problemáticas de origen y promoviendo, de esta manera, una comprensión evolutiva del desarrollo tecnocientífico actual.

### **2.2.1. Recorrido histórico**

Se propone esta actividad con el fin de hacer un recorrido histórico que muestre la sucesión de diversos acontecimientos relacionados con el magnetismo, la electricidad y el electromagnetismo, como así también de otros hechos significativos para la humanidad o para nuestra sociedad, con el fin de situar en contexto el proceso de construcción del conocimiento científico que surge a partir de esta nueva fenomenología. En particular, nos centramos en la importancia del experimento realizado por Heinrich Hertz en 1888, el cual es luego recreado con elementos accesibles para analizarlo desde un punto de vista cualitativo. Para esto, se recurre a una dinámica grupal que se desarrolla en tono lúdico: se ofrece a los estudiantes un conjunto de tarjetas con distintos eventos históricos que deliberadamente no informan la fecha de los mismos y se les propone ordenarlas cronológicamente según sus conocimientos o su parecer. De esta manera, se fomenta la comunicación entre pares para llegar a un consenso a partir de una actividad grupal de carácter cooperativo. Mediante el acompañamiento del docente que presenta una línea cronológica con los años en los que acontecen cada uno de esos eventos, o habilitando la búsqueda en internet, se reordenan (en caso que sea necesario) las tarjetas. El docente estimula a los estudiantes a pensar en la importancia de los descubrimientos científicos, invita a que imaginen cómo fueron generados y hace hincapié en la naturaleza de la ciencia, mostrándola como construcción humana, íntimamente relacionada con los acontecimientos sociales, políticos, culturales y económicos de su época. De esta forma, se busca reflexionar sobre la ciencia como producto cultural e histórico, posicionada dentro de un mundo con realidades complejas y, aunque muchas veces distantes, interrelacionadas. Se busca poner en evidencia, el papel de la ciencia y sus repercusiones en el mundo y en la tecnología que hoy disponemos, mostrando que no fue trabajo de un día, ni de personas individuales, sino un proceso complejo que involucra a toda la sociedad a lo largo de toda la historia de la humanidad.

Los eventos históricos que se proponen utilizar son los siguientes:

- Siglo IV AC: El filósofo Thales de Mileto observa que el roce entre algunas sustancias, como el ámbar y un trozo de piel de animal, podría ser la causa de la atracción de otros cuerpos más ligeros.
- Siglo IX: Fue inventada en China la brújula con el fin de determinar direcciones en mar abierto.
- Siglo XIII: Marco Polo empieza su viaje a Asia oriental; si bien no fue el primero en hacerlo, su travesía fue la mejor documentada hasta entonces, dando a conocer los lugares que visitó.
- 1492: Llegada a América de una expedición capitaneada por Cristóbal Colón.
- Siglo XVIII: Comienza la Revolución Industrial en el Reino de Gran Bretaña, que luego se extiende al resto de Europa y a Norteamérica.
- 1784: Charles-Augustin de Coulomb diseña la balanza de torsión y descubre lo que hoy se conoce como la Ley de Coulomb.

- 1789: Estalla la Revolución Francesa que sienta las bases de la democracia moderna y se convierte en el motor de otras revoluciones.
- 1819: Hans Christian Ørsted descubre el efecto que tiene una corriente eléctrica que pasa por un cable sobre una aguja magnética suspendida.
- 1821: André-Marie Ampère observa que dos cables paralelos conduciendo corrientes eléctricas se atraen o repelen entre ellos, dependiendo del sentido de las corrientes. Esto sienta las bases de la “electrodinámica”.
- 1831: Michael Faraday comienza con experimentos que lo llevan a descubrir la ley de inducción electromagnética.
- 1857: El Ferrocarril del Oeste de Buenos Aires inaugura sus servicios y pone en marcha la primera red telegráfica del país tendida por la compañía para ayudar al servicio ferroviario.
- 1859: Buenos Aires se une a la Confederación Argentina y firma la constitución, formando la Republica Argentina.
- 1865: James Clerk Maxwell unifica a la electricidad y al magnetismo, prediciendo la existencia de ondas electromagnéticas.
- 1888: Heinrich Hertz demuestra la existencia de ondas electromagnéticas mediante un aparato que produce y detecta ondas de radio.
- 1894: Nikola Tesla hace su primera demostración en público de una transmisión de radio.
- 1909: Guglielmo Marconi obtiene el Premio Nobel en Física junto con Karl Ferdinand Braun en reconocimiento por sus contribuciones para el desarrollo de la telegrafía “wireless”.
- 1920: Transmisión en vivo de la ópera Parsifal de Richard Wagner desde el Teatro Coliseo de Buenos Aires por la Sociedad Radio Argentina; consolidándose como primera emisión de radio en América Latina.
- 1989: Primer servicio de telefonía celular en Argentina prestado por la compañía Movicom Argentina en el Área Metropolitana de Buenos Aires.
- 2008: Se pone a la venta el primer celular con Android en Argentina.

La elección de estos eventos, si bien puede ser discutida, no es arbitraria, ya que se busca partir desde los orígenes de los descubrimientos relacionados con electricidad y magnetismo en la Antigua Grecia y en el Antiguo Oriente, en tiempos muy lejanos, hasta llegar a situaciones contemporáneas y locales, como lo es la venta de un smartphone en nuestro país. En el camino, recorreremos distintos avances científicos y tecnológicos que se fueron dando a la par del desarrollo de eventos socio-históricos y políticos, reflexionando en cómo unos afectan otros. También, se seleccionaron acontecimientos históricos más cercanos a nuestra realidad, como el arribo de los españoles a América o la firma de la Constitución Nacional Argentina, para tratar de contextualizar nuestro pasado y evitar caer en la típica desconexión donde la historia Argentina y la historia mundial se presentan como secuencias paralelas de eventos que transcurren aisladamente.

### 2.2.2. Sobre el experimento de Hertz

Hertz pensó en la manera de generar y detectar en un laboratorio las ondas electromagnéticas que Maxwell había predicho. Usó un carrito de Ruhmkorff, unas varillas de cobre con unas esferas metálicas chicas y otras más grandes. Según éste, un arco eléctrico entre las esferas chicas del emisor producía un campo eléctrico variable que debía provocar una perturbación magnética en la zona; ésta debía propagarse en todas direcciones en forma de onda

electromagnética. Si, a su vez, se colocaba en las cercanías un receptor de similares características que el emisor, éste debía transformar esa onda electromagnética en corriente eléctrica y entre las esferas del receptor debía producirse un arco. Para la reproducción de este experimento en una escuela secundaria siguiendo las condiciones originales sería necesario contar con equipamiento y espacios no siempre accesibles. Es por ello que se optó por realizar dos adaptaciones simplificadas en microescala, seguras, de fácil montaje y de bajo costo.

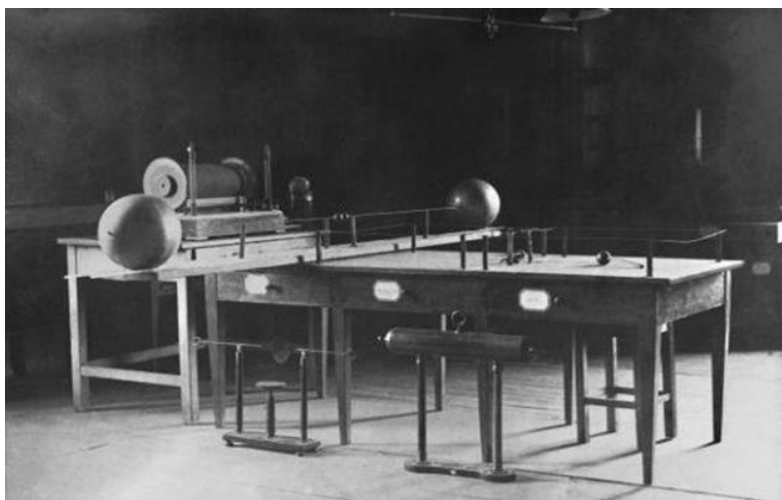


Figura 1: Fotografía de un equipo similar al utilizado por Hertz (EC, 2015).

### 2.2.3. Recreación del experimento y discusión

El experimento propuesto puede realizarse con los siguientes materiales: un encendedor de chispa, un par de tornillos, mangueras plásticas de poco diámetro, un foco de neón, unos trozos de alambre, limadura de hierro, un LED y una batería de 9V, dispuestos como se muestra en la Figura 2 a). Sin embargo, es recomendable estimular a los estudiantes para que indaguen por sí mismos cómo realizarlo –puede encontrarse fácilmente información en internet al respecto–, y así promover el cuestionamiento, la exploración y la formulación de diferentes propuestas cuya pertinencia y factibilidad sea debatida y evaluada en el grupo-clase con la oportuna guía del docente.

En la configuración que aquí se presenta para la fuente emisora, se utiliza el piezoeléctrico del encendedor de chispa conectado a dos tornillos que se mantienen con sus puntas ligeramente separadas a los efectos de posibilitar la descarga eléctrica.

Se trabaja con dos modelos de receptores distintos. El primero consiste en un foco de neón conectado a dos trozos de alambre colineales con sus extremos ligeramente separados, al igual que la antena emisora (Figura 2a). Con esta opción tan simple se logra ver incandescencia en el foco en simultáneo con el chispazo del emisor, producto del campo electromagnético que el mismo genera.

El segundo receptor consiste en un circuito en serie compuesto por un LED, una batería y una antena de características similares a las del emisor, con la salvedad de poseer limadura de hierro en el espacio entre las puntas de los tornillos (Figura 2b). En condiciones normales, la antena mantiene el circuito abierto. Pero cuando se pulsa el encendedor de chispa, el pulso electromagnético alinea las partículas de hierro en el interior de la antena, cerrando el circuito. El LED se enciende y permanece en ese estado. Basta dar un suave golpe al receptor para que la limadura regrese a su disposición natural y el circuito quede nuevamente abierto.

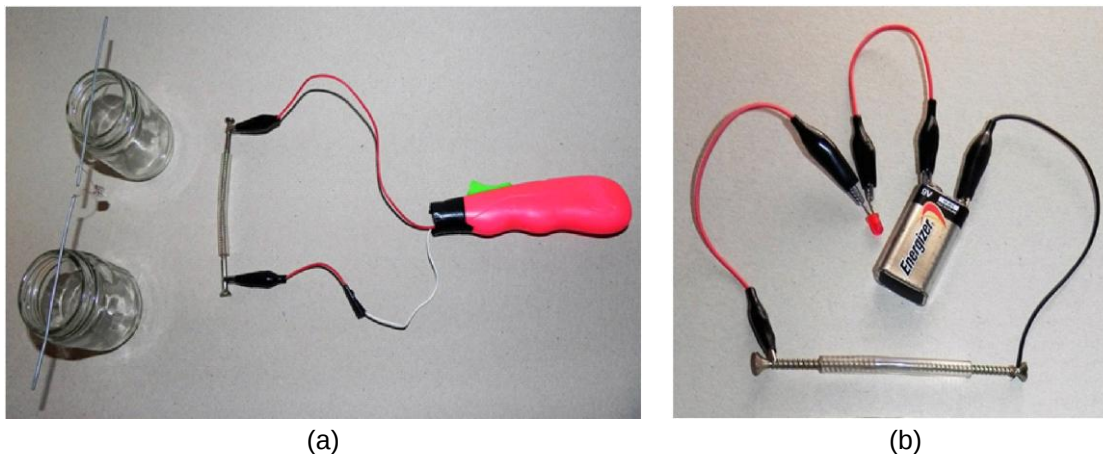


Figura 2: a) Equipo de bajo costo y accesible utilizado para la recreación del experimento de Hertz; el primer tipo de receptor se muestra a la izquierda de la imagen y el emisor a la derecha. b) Detalle del segundo tipo de receptor.

Tras realizar el experimento, se promueve la indagación acerca de lo que acontece en términos heurísticos y fenomenológicos, animando a los estudiantes a experimentar con el emisor y el receptor mediante la utilización de diversos interrogantes: ¿qué sucede con la intensidad de luz del LED al acercar y alejar la antena receptora de la fuente emisora?, ¿qué sucede cuando cambiamos de lugar la antena receptora manteniendo la distancia?, ¿y si cambiamos el ángulo de una antena con respecto a la otra? También, y mediante oportunas intervenciones del docente, es posible trabajar sobre distintos cuestionamientos de carácter reflexivo con el propósito de actualizar y otorgar mayor sentido a la temática abordada, tales como: ¿qué relación tiene la radiación electromagnética con nuestra vida cotidiana?, ¿dónde encontramos presentes estos fenómenos en nuestro día a día?, ¿cómo funcionan las tecnologías inalámbricas del siglo XXI?

### 3. CONCLUSIONES

Hemos desarrollado una propuesta simple cuyo propósito general es estimular la reflexión en torno a la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, utilizando para ello la recreación de un experimento histórico con elementos accesibles, que no presentan riesgos a la hora de ser utilizados por adolescentes. Pretendemos, de esta manera, mostrar a la ciencia como proceso y no como producto, como una actividad humana que se construye en relación a acontecimientos, situaciones y contextos; todo esto desde un enfoque articulado y enriquecido con elementos de Naturaleza de la Ciencia (Adúriz-Bravo, 2005).

Al analizar cualitativamente el experimento que hemos propuesto se promueve la observación detallada, la indagación sobre posibles relaciones entre distintas variables, la predicción de resultados y su contrastación con lo observado; acciones que constituyen un aspecto fundamental a la hora de comprender los distintos fenómenos físicos.

Consideramos que el trabajo educativo sobre estas temáticas durante la Educación Secundaria es de vital importancia para el desarrollo de una sociedad con ciudadanos capaces de pensar crítica y autónomamente en contextos problemáticos que involucren aspectos científicos y tecnológicos.

El hecho de que el fenómeno estudiado se emplee en muchos dispositivos de uso cotidiano permite visualizar a estos artefactos como construcciones del desarrollo tecnocientífico, atribuirles historia y dotarlos de significado, así como mostrar el notable impacto de la física en nuestra propia realidad.

## REFERENCIAS

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la Naturaleza de la Ciencia: La Epistemología en la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

EC (2015). Experimento de Hertz, ondas electromagnéticas, radiofrecuencia. <https://espaciodecesar.com/2015/10/07/experimento-de-hertz-ondas-electromagneticas-radiofrecuencia/>. Sitio consultado en marzo de 2018.

Pérez Gómez, A.I. (2011). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En Gimeno Sacristán, J. (Comp.) y otros, *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.