ISSN: 3121-2239
DOI: http://doi.org/10.67898/39.1.4

La utilización de la historia de las ciencias como recurso de enseñanza activa.

Emilio Viera [1,2]

[1]*Liceo N°1 "Presbítero Mariano Soler", Dirección General de Educación Secundaria, San Carlos, Maldonado, Uruguay.*
[2]*Instituto de Profesores Artigas, Consejo de Formación en Educación, Montevideo, Uruguay.*

E-mail: emilio.viera.1982@gmail.com

(Recibido el 28/10/2025, aceptado el 26/11/2025)

Resumen

En este artículo se analizan algunos aspectos subestimados en la enseñanza de las ciencias: la concepción de ciencia y de modelo científico que se transmiten en los procesos de enseñanza, y su impacto en la motivación de los estudiantes. También se analiza la visión de conocimiento científico que se modela en el aula y cómo repercute en la concepción de los estudiantes. Se plantea el uso de la historia de la ciencia como un recurso capaz de promover en los estudiantes una visión de ciencia más cercana a la real: por medio del análisis de casos históricos los alumnos pueden comprender cómo funciona la ciencia y cómo produce su conocimiento. Este enfoque estimula la reflexión sobre los modelos científicos, sus características y limitaciones, a la vez que permite contextualizar socialmente el trabajo científico. Con el objetivo de que este trabajo promueva la reflexión sobre este enfoque de enseñanza, se discuten sus limitaciones y se incluyen ejemplos de casos históricos y recursos de libre acceso.

Palabras clave: Historia de las ciencias, metodologías activas, modelos científicos.

Abstract

This article analyzes some underestimated aspects of science education: the conceptions of science and scientific models transmitted in teaching processes, and their impact on student motivation. It also examines the view of scientific knowledge modeled in the classroom and how this influences students' understanding. The article proposes the use of the history of science as a resource capable of fostering a more realistic view of science in students: through the analysis of historical cases, students can understand how science works and how it produces knowledge. This approach stimulates reflection on scientific models, their characteristics, and limitations, while also allowing for the social contextualization of scientific work. To encourage reflection on this teaching approach, the article discusses its limitations and includes examples of historical cases and open-access resources.

Keywords: History of science, active methodologies, scientific models.

Introducción

La IV Encuesta Nacional de Percepción Pública de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimientos realizada por ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación), durante el año 2021 arroja varios resultados particularmente llamativos: el interés por temas científicos en la población alcanza el 17%, y un 37% considera estar informado sobre cuestiones científicas. De las personas que se encuentran desinformadas sobre temas científicos, el 83 % lo está por falta de interés en estos temas (Monteiro, L., Reyes, C., & Usher, X., 2023). Estos resultados son llamativos porque vivimos en una sociedad global con un alto nivel de desarrollo científico y tecnológico, debido a que la población en nuestro país tiene acceso a formación científica durante gran parte de su escolaridad. Este desinterés promueve el desarrollo de posturas anticientíficas como las observadas durante la pandemia, donde se manifestó un alto índice de desconfianza hacia las ciencias.

Según Gellón, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M., & Golombek, D. (2018), esto se produce porque "*Los estudiantes llegan a comprensiones superficiales y frágiles, cuando no francamente erróneas, de las ideas científicas…la educación tradicional en el aula ignora casi por completo el proceso de generación de las ideas, enfocando su atención casi exclusivamente en el producto final de la ciencia"*. Esta afirmación permite cuestionar qué es lo que se enseña en las aulas. Los productos de las ciencias son importantísimos y necesarios para la educación científica de los alumnos, pero si solo se muestra esa cara de la ciencia (la ciencia como producto), se está omitiendo la parte más interesante y potente de las ciencias: las preguntas que dieron origen a las investigaciones, cuáles eran los problemas que querían resolver, qué decisiones tomaron los científicos para resolver estos problemas, cuáles fueron las controversias, discusiones y acuerdos en la comunidad científica. En otras palabras, se está omitiendo mostrar a la ciencia como proceso (Furman & Podestá, 2024), y es en ese proceso donde los alumnos pueden entender la generación del conocimiento científico, y entender que la ciencia es más que un conjunto de datos e información.
Entender a la ciencia como un proceso permite además comprender el papel de los modelos científicos como el motor de la actividad científica (Adúriz-Bravo, A., 2001), ya que son los modelos los que dan sentido a los datos permitiendo explicar, predecir y comunicar fenómenos.

El ejemplo más famoso es el experimento de Michelson y Morley (Michelson, A. A., & Morley, E. W., 1887), que intentaba medir la velocidad de la Tierra en el "éter luminífero". En el modelo de la época de Michelson y Morley la luz necesitaba de un medio para propagarse como cualquier otra onda. El resultado nulo del experimento, puso en duda el modelo, que fue reemplazado paulatinamente por el modelo propuesto por Albert Einstein al postular su teoría de la relatividad especial. En el modelo propuesto por Einstein, la luz no necesita de un medio para propagarse y su velocidad es constante para todos los observadores (Einstein, A., 1905). Este ejemplo muestra en forma clara cómo un conjunto de datos puede tener diferentes interpretaciones según el modelo.

En este punto, es posible preguntarse cómo repercute la concepción de ciencia que se transmite en las aulas. La respuesta puede ser alarmante: la concepción y visión de la ciencia de los alumnos, se empobrece después de cursar asignaturas científicas como Física (Suárez et al., 2021). Aunque paradójico, los alumnos después de finalizar sus estudios de ciencia, tienen una visión más empobrecida del proceso científico, de la ciencia en general, y de la vinculación entre la ciencia y el mundo real. Entendiendo a la ciencia como una colección de datos, fórmulas y leyes, no resulta necesario desarrollar un pensamiento de orden superior para entender la misma, y consideran el aprendizaje de la ciencia en forma puramente memorística (Suárez et al., 2021).

Esta concepción sobre la ciencia y de cómo aprenderla contrasta con las intenciones de los docentes, quienes aspiran a desarrollar habilidades de pensamiento superior en sus estudiantes. Pero como indican Gellón y Furman (2011), los alumnos no aprendieron lo que los docentes estiman y se acostumbran a no comprender o a comprender a medias. Otros autores como David Perkins afirman que "*Los alumnos aprenden un saber superficial, fragmentado y poco relevante*", aprobando sus cursos desarrollando el "*oficio"* de estudiantes (Perkins, 1997) . Los autores Ron Ritchhart, Mark Church y Karin Morrison van más allá en sus afirmaciones sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje que se produce en las aulas, al referirse a la postura de los docentes expresan: "*Él sabe que sus estudiantes realmente no comprenden lo que se les está enseñando, pero dentro del paradigma educativo de ofrecer información, se enfoca en cubrir el contenido para el examen y mantiene el pensamiento de sus estudiantes invisibles, con la ilusión de que los resultados de una prueba sean evidencia de sus aprendizajes"* (Ritchhart et al., 2014).

Con la intención de aportar un marco de reflexión sobre cómo transmitir en las clases de ciencias una concepción de ciencia como proceso, más cercana la ciencia real, se argumenta en favor de la utilización de un enfoque de enseñanza activo, basado en la enseñanza de las ciencias por medio del estudio de pasajes históricos,

vinculados a la historia de las ciencias, cuidadosamente elegidos.

Se discutirán los pro y contra de este enfoque de enseñanza, utilizando diferentes ejemplos y analizando diferentes recursos ya existentes, con la convicción de que puede ser una herramienta interesante para incluir en nuestro bagaje de recursos didácticos.

La ciencia como producto y como proceso.

"*La religión es una cultura de fe;*
la ciencia es una cultura de duda."
Richard Feynman

Considerando que se está realizando la introducción a un nuevo tema, surge la pregunta de cómo realizar la misma. ¿Se debe explicar el concepto directamente, analizar sus implicaciones o debe contextualizarse? Por ejemplo, al enseñar el espectro electromagnético es posible abordar la relación entre la frecuencia y la energía de cada parte del espectro, la peligrosidad de cada tipo de radiación o incluso sus aplicaciones en la vida cotidiana: celulares, rayos X, microondas, etc. Esta postura, lejos de estar equivocada, muestra solo una parte de la ciencia: muestra a la ciencia como producto (Furman & Podestá, 2024), y puede llevar a los alumnos a una concepción de ciencia equivocada donde vean al conocimiento científico como un conocimiento formado, estático e inmutable. Y ante esta concepción de ciencia, no resulta necesario desarrollar una actitud crítica ante el aprendizaje (Suárez et al., 2021).

Con este enfoque se omite un aspecto interesante y estimulante de la ciencia: el proceso creativo de cómo se llegó a ese conocimiento, los problemas que surgieron y hasta las controversias que ocurrieron entre los científicos en el proceso. Por ejemplo, un alumno curioso podría cuestionarse: ¿cómo se descubrió todo esto? ¿Cómo la humanidad descubrió que la luz es una onda, la existencia de diferentes tipos de ondas o la forma en cómo la luz interactúa con la materia? Al analizar este aspecto de las ciencias estamos analizando a la ciencia como un proceso (Furman & Podestá, 2024), siendo el aspecto más interesante y rico de su desarrollo. Por ejemplo, para poder estudiar el descubrimiento del espectro electromagnético, y sus implicaciones, se podría recorrer el camino trazado por Isaac Newton, William Herschel, Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen entre otros, para descubrir cuáles fueron las preguntas que se hicieron, los experimentos que idearon, las críticas que recibieron, los conflictos y los acuerdos con otros científicos[1]. Esta postura permite analizar que la ciencia es una actividad colectiva, donde la curiosidad, la creatividad y el pensamiento crítico trabajan aunadas para poder entender la naturaleza, y es llevada a cabo por personas que tienen ideas, creencias y posturas muy diversas.

Cómo se construye el conocimiento científico.

"Lo bueno de la ciencia es que es cierta,
creas o no en ella."
Neil deGrasse Tyson

La visión del científico solitario, en bata blanca, en un laboratorio realizando ciencia individualmente, es un mito. Si bien han existido casos de científicos que han desarrollado ideas en forma aislada, la realidad, sobre todo en los últimos siglos, es que la ciencia se caracteriza por ser una construcción social. Los científicos trabajan en equipos, colaboran con otros científicos, y el proceso de producción científica se identifica por la revisión permanente y exhaustiva por parte de pares de todos los trabajos que aspiran a ser publicados. En muchas series o películas muestran a un científico que observando algunos datos es capaz de llegar a un resultado imprevisible en contra de todo el cuerpo de teoría, y obviamente al final tiene razón. Esta visión simplista y reduccionista de la ciencia, y del papel de las observaciones, desconoce la complejidad y riqueza del proceso de investigación científica. Por un lado, muestra a una persona que parece "saberlo todo", y sobre la base de una serie de observaciones (que pueden estar realizadas con sus sentidos), es capaz de generar un modelo a través de diferentes procesos mentales, en lo que constituye una visión aristotélica del conocimiento. Esta visión refleja la mitificación existente con respecto a los genios y desde los libros de texto o en las clases se promueve, al hacer referencia que determinadas ideas o conceptos fueron desarrollados por determinado científico y desconociendo el aporte de sus colegas. Cuando se enseñan las leyes de Newton o de Maxwell, ¿cuántas veces se discute las aportaciones de sus predecesores o contemporáneos? Esta concepción genera la impresión de que la ciencia es sólo accesible a un puñado de genios que pueden entenderla (Solbes & Traver, 2001).

También es común escuchar en diferentes propagandas que algo "está probado científicamente",

[1] La discrepancia entre Christian Huygens e Isaac Newton, por ejemplo.

brindando una visión del conocimiento científico como un hecho absoluto o inmutable[2]. Cuando se dictan clases magistrales (exclusivamente), y se desarrollan elegantes y complejas demostraciones se transmite una visión del conocimiento científico que refuerza estas concepciones y omite toda la riqueza del proceso científico: ¿Qué problemas buscaban responder los científicos? ¿Qué preguntas se hicieron? ¿Sus hipótesis fueron correctas? ¿Qué experimentos idearon y realizaron? ¿Qué dificultad tuvieron para realizarlos? ¿Cómo recolectaron los datos?, son algunas de las preguntas que no se realizarán los alumnos. En este enfoque, se desconoce además un elemento fundamental del proceso de producción científica (y del proceso de aprendizaje y enseñanza): se ignora el papel del error. Algo similar ocurre con las actividades experimentales cuando solo se busca repetir un resultado conocido de antemano, atribuyendo de esta forma un valor desproporcionado a los experimentos con respecto al cuerpo de teoría que le dan significado (Solbes & Traver, 2001).

Modelos científicos.

"*No hay nada nuevo que descubrir en física ahora. Solo falta una medición cada vez más precisa.*"
Lord Kelvin[3]

Un aspecto frecuentemente olvidado en el proceso de enseñanza de las ciencias, es la concepción de modelo científico que transmitimos. El ejemplo clásico de esto es la aceleración gravitatoria, siendo común escuchar la historia de la manzana cayendo en la cabeza de Newton[4] y este descubriendo la aceleración gravitatoria. Antes de la formulación de la ley Universal de Gravitación de Newton, Johannes Kepler había utilizado los datos recabados por su antecesor Tycho Brahe para explicar el movimiento planetario, ajustando los datos a un modelo matemático. Este modelo, podría explicar las observaciones del movimiento planetario y predecir el semieje de los planetas conocido su periodo de traslación. Este modelo era un modelo *ad hoc* y carecía de un aspecto importante de todo modelo: no solo debe poder explicar las observaciones, debe poder realizar predicciones (Gellón, 2019). El modelo desarrollado por Newton permitió explicar todas las observaciones y predecir en forma precisa toda una serie de fenómenos: la caída de los cuerpos sobre la superficie terrestre, la traslación de la Luna, el movimiento planetario y de los cuerpos menores del Sistema Solar, y hasta la existencia de Neptuno. Como todo modelo, el de Newton también tuvo limitaciones, por ejemplo, no fue capaz de explicar el movimiento de Mercurio [5]. Sin mencionar que cuando presentamos un modelo y no analizamos sus limitaciones volvemos a reforzar la visión de ciencia estática y que no hay nada nuevo que descubrir (como se menciona en la cita introductoria a esta sección). Analizar las limitaciones de un modelo permite discriminar entre ciencia firmemente consolidada (conceptos verificados y aceptados por el cuerpo de teórica), y ciencia de frontera (aquellos aspectos que los modelos aún no pueden explicar satisfactoriamente). Un ejemplo de esto se encuentra en el modelo de fluido (propuesto originalmente por Benjamin Franklin), utilizado para explicar el concepto de corriente eléctrica. Si la velocidad de deriva promedio de los electrones es de 0.001 m/s en una corriente continua, y 0 m/s en corriente alterna, ¿cómo este modelo puede explicar que las luces en un aula se prendan casi instantáneamente? La explicación está en que la energía que enciende la lámpara es propagada por el campo eléctrico, ¿pero por dónde se propaga este campo? Parece una pregunta simple, pero en el canal de YouTube Veritasium del divulgador Dr. Derek Muller[6], es posible asistir a un interesante debate sobre cuál es el modelo correcto para explicar los conceptos de corriente (Veritasium en español, 2021), y energía eléctrica, no existiendo un consenso claro entre físicos e ingenieros sobre cuál es la respuesta a estas preguntas (Veritasium en español, 2022). Una de las características del trabajo del Dr. Derek Muller es provocar estas ricas controversias a través de preguntas y planteos que cuestionan conceptos aceptados por correctos[7].

La historia de las ciencias como recurso didáctico.

"*Los científicos dicen que estamos hechos de átomos, pero a mí un pajarito me contó que estamos hechos de historias.*"
Eduardo Galeano.

En la visión popular e ingenua de la ciencia, los datos empíricos tienen una importancia superior al de los modelos o teorías científicas (Gellón, 2019). ¿Cuántas

[2] La frase que da inicio a la sección transmite también una visión positivista de la ciencia, su autor la formuló con el objetivo de expresar que los resultados y teorías científicas son válidas independientemente de las creencias personales.
[3] Expresión brindada en conferencia en la Royal Society en 1900.
[4] Historia que es apócrifa.
[5] Observación que sí permitió explicar el modelo de gravedad desarrollado posteriormente por Albert Einstein.
[6] Doctor en educación en ciencias físicas por la Universidad de Sydney.
[7] Por ejemplo ver Veritasium en español, 2021a y Veritasium en español, 2021b.

noticias se encuentran en las redes donde una observación contradice a todo un cuerpo de teoría? Esto se agrava aún más cuando se confunde causalidad con correlación[8] , o ¿cuántas veces un alumno plantea un argumento que contradice toda la teoría desarrollada en el curso? Esto ocurre principalmente porque las personas que no tienen formación científica no entienden cómo funciona la ciencia (Gellón, 2008). En este aspecto, el estudio de casos históricos puede ayudar a una mejor comprensión por parte de los alumnos. A través de la historia de las ciencias, los alumnos pueden apreciar las complicaciones del pensamiento científico, las formas en que las investigaciones se realizan, cómo se comunican los resultados, las discrepancias, discusiones, acuerdos y desacuerdos entre los científicos.

El desconocimiento del proceso histórico y social que llevó al desarrollo científico, promueve en los alumnos una imagen errónea de la naturaleza y evolución de la ciencia, lo que influye en el desinterés de los alumnos por el aprendizaje de ciencias como Física o Química (Solbes & Traver, 1996).

Un detalle no menor se encuentra en la frase de introducción a esta sección: las personas suelen recordar con mucha facilidad las historias porque no son simples datos aislados, las historias nos conectan emocionalmente y contextualizan la información, lo que permite una comprensión y memorización más profunda y duradera (Furman, 2017).

La utilización de la historia de las ciencias promueve la motivación de los estudiantes mostrando el aspecto creativo de la ciencia. Esta es la estrategia que utilizan los divulgadores científicos, presentando las grandes ideas de la ciencia, y el aspecto creativo al resolver los grandes problemas.

Para evitar que estos casos históricos queden en el lugar de simples anécdotas, el docente debe integrar las mismas en sus secuencias didácticas. Puede utilizar estos casos para introducir un tema difícil y tedioso, para promover el entendimiento del proceso científico, o para favorecer el entendimiento de las características de los modelos científicos. Los mismos alumnos pueden ser invitados a responder las grandes preguntas, o a formularlas, para luego presentarles cómo los científicos resolvieron el problema. Tomemos por ejemplo que se desea determinar la aceleración gravitatoria, contando solo con un cronómetro y regla. Se les puede proponer a los alumnos que diseñen el experimento, para posteriormente presentar cómo Galileo resolvió el problema. En esta versión del práctico experimental de planos inclinados, los alumnos son partícipes activos en su diseño y ejecución del experimento, y no replican simplemente un protocolo experimental.

Un buen punto de partida para iniciarse en este recurso educativo son los libros *Del sistema solar al ADN: Contar historias para enseñar las teorías científicas en la escuela* (Gellón, G., 2019), y *Había una vez un átomo* (Gellón, G., 2007), de Gabriel Gellón, y los podcasts del mismo autor que pueden encontrar en la página del proyecto *Expedición Ciencia* (Gellón, G., 2008).

Resulta importante, al utilizar casos históricos para la enseñanza de las ciencias, discriminar correctamente entre las observaciones o datos experimentales, y las nociones teóricas (no observables). Por ejemplo, el aumento del volumen de un cuerpo debido a la temperatura es un observable, pero ni los átomos[9] ni su energía cinética lo son. Tanto el concepto de átomo como de energía cinética son nociones teóricas: son invenciones de los científicos para darle sentido a un conjunto de observaciones (Gellón, G., 2019). Muchos conceptos resultan difíciles de aprender dada su naturaleza teórica (Adúriz-Bravo, 2005), y la confusión entre estas dos categorías lleva a la interpretación incorrecta de los fenómenos por parte de los alumnos, lo que repercute en la imposibilidad de comprender o diseñar experimentos (Minzi, 2018).

Entre los mayores promotores de este enfoque se encuentra el químico James B. Conant, quien siendo presidente de la Universidad de Harvard en la década de 1950, defendió públicamente este enfoque, reuniendo un grupo de científicos e historiadores de la ciencia produjo un material (en dos tomos), de *casos* históricos para su utilización por parte del profesorado (Conant, 1957 y Conant & Nash, 1957). En el contexto regional esta metodología es defendida por los doctores Gabriel Gellón y Agustín Adúriz-Bravo.

[8] Un ejemplo notable de esto ocurrió con la investigación realizada por el médico Andrew Wakefield en el Royal Free Hospital de Londres sobre gastroenterología y autismo. La investigación realizada con las historias clínicas de 12 niños halló correlación entre la edad de vacunación de los niños con la vacuna para el sarampión, las paperas y la rubéola, y la aparición de los síntomas de autismo. Sus resultados fueron publicados en 1998 en la prestigiosa revista científica The Lancet.

[9] La primera observación de un átomo se dio en 1955 por Erwin W. Müller y Kanwar Bahadur utilizando un microscopio de iones de campo (Müller, E. W., & Bahadur, K., 1955).

Limitaciones de este enfoque.

Antes de pasar a analizar ejemplos prácticos que permitan aplicar estas ideas, y generar la deseada discusión sobre el tema por parte del autor de este trabajo, es importante analizar de antemano las limitaciones de este enfoque. El primer inconveniente es que el docente debe invertir tiempo en investigar y preparar la historia del tema que pretende enseñar con esta metodología. Si bien existen recursos en internet [10], o textos clásicos[11] como *Introducción a la ciencia* de Isaac Asimov o *Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas* de Gerald Holton y Stephen G. Brush, el docente deberá dedicar tiempo a adaptar las historias para el grado, nivel y características de sus estudiantes. En este mismo aspecto, el docente deberá analizar y decidir qué aspecto de la historia quiere exponer a sus alumnos para lograr los aprendizajes que desea. La utilización de casos históricos no implica un aumento en la cantidad de contenidos, sino una reorganización de los contenidos y del enfoque utilizado para el análisis de los conceptos (Solbes & Traver, 2001), lo cual debe ser meditado por el docente. Una segunda limitación se encuentra en la propia formación del docente, quien quizás tuvo una enseñanza enfocada exclusivamente en los contenidos conceptuales de su materia, desconectada de los aspectos históricos y sociales que acompañaron al proceso científico. Es un reclamo frecuente expresado por los alumnos: "¿para qué me sirve esto?". Los alumnos están preguntando por la relación entre la ciencia, el conocimiento científico y su utilidad en el mundo.

Casos históricos para analizar y recursos.

HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD.

- GALVANI VS VOLTA.

Los contenidos sobre electricidad se encuentran en varios cursos en educación secundaria y UTU, y su historia es verdaderamente interesante con una gran variedad de momentos históricos dignos de análisis.
Consideremos la confrontación entre Luigi Galvani y Alessandro Volta en el siglo XIX, época donde surgieron los primeros "electricistas": ilusionistas que realizaban espectáculos con fenómenos electrostáticos que asombraban a las personas. El primero descubrió por accidente que las patas de ranas muertas se contraen al tocarlas con distintos metales. A este descubrimiento lo denominó *electricidad animal* y modeló a los músculos como un depósito de esta *electricidad animal*. Volta no estaba de acuerdo con esta afirmación y consideraba que la electricidad provenía del contacto entre diferentes materiales conductores. ¿Cómo podrían los alumnos dilucidar quién tiene razón? Sin saber qué era la electricidad ambos científicos establecieron sus ideas e intentaron modelar la realidad. Volta zanjó la discusión construyendo la primera pila (o sea ideando y llevando a cabo un experimento), comprobando que era posible producir una corriente eléctrica utilizando conductores eléctricos diferentes, y las demostraciones públicas de Galvani reanimando cuerpos con electricidad, inspiraron a Mary Shelley a escribir Frankenstein.

Resulta importante remarcar que en la mencionada época estos no eran los únicos modelos en pugna, por ejemplo, en el siglo XVIII Benjamin Franklin propuso[12] el modelo de *fluido eléctrico* considerando la existencia de un solo tipo de carga positiva, y la ausencia de este fluido daría origen a la carga negativa. La concepción actualmente aceptada de que las cargas en la mayoría de los conductores son partículas negativas se logró en el siglo XIX a través del trabajo de Thomson, J. J. (1897).

La serie La chispa: Historia de la electricidad, conducida por Jim Al-Khalili (**Al-Khalili, J.** ,2011)), resulta en un excelente recurso para analizar este caso histórico.

- EDISON VS TESLA.

¿Cómo reaccionarían los alumnos al vídeo[13] de la elefanta Topsy que fue electrocutada en 1903 en Coney Island (Nueva York), al aplicarle 6600 V? El evento ocurrió una década después de la finalización de la "Guerra de las corrientes" entre Thomas Edison (promotor de la corriente continua), y Nikola Tesla y George Westinghouse (promotores de la corriente alterna)[14], pero en la cultura popular la ejecución de la elefanta Topsy se le atribuye a la empresa de Edison que fue la encargada de realizar la grabación del evento.

[10] Es recomendable la página web del proyecto *Expedición Ciencia* en el link https://expedicionciencia.org.ar/historia-de-la-ciencia/.
[11] También puede utilizar materiales en canales como C de Ciencia, El Robot de Platón o Quantum Fracture en YouTube o la serie Cosmos de Neil deGrasse Tyson.
[12] Utilizando una analogía con los mecanismos financieros.
[13] Video que se pueden observar en Wikipedia.
[14] La finalización de la guerra de las corrientes estuvo marcada por dos acontecimientos en 1893: la elección del sistema de corriente alterna para iluminar la Feria Internacional de Chicago, y el aprovechamiento de las cataratas del Niágara para generar corriente alterna. De esta forma la corriente alterna se estableció como el estándar de la industria norteamericana.

Es un caso histórico interesante para analizar las implicaciones sociales y éticas de la ciencia, pero además las ventajas y desventajas del uso de ambos tipos de tecnologías y las implicaciones en el mundo moderno. Sobre este caso histórico hay multitud de documentales que se pueden encontrar en la web.

- CONCEPTO DE CAMPO.

Entre los conceptos más utilizados en las clases de Física se encuentra el concepto de campo. Aparece en los cursos de mecánica y electromagnetismo, desde la educación media inicial a la superior, pero no por ello su aprendizaje se hace más sencillo. Presenta una importante dificultad debido a su naturaleza abstracta y no intuitiva. Es algo que los alumnos no pueden ver y que solo tiene sentido con el uso de modelos. Por ejemplo, en la práctica de mapeo de campo eléctrico las observaciones que tienen los alumnos son los valores de potencial que miden con su multímetro. Dichas observaciones sólo tienen sentido en el modelo que utilizan: las equipotenciales son perpendiculares a la dirección del campo eléctrico. Pero, ¿es posible la utilización de otros modelos que expliquen las observaciones y que pueda predecir otras? Esta es una buena pregunta para los estudiantes para entender la naturaleza de los buenos modelos científicos.

El modelo de campo eléctrico estuvo en pugna con el modelo anterior, inspirado en la ley Universal de Gravitación de Newton, de *acción a distancia*. En este modelo, las cargas interactúan instantáneamente sobre otras cargas y sin mediación del espacio. Este modelo no era capaz de explicar la propagación de las fuerzas generadas por corrientes eléctricas en conductores. El modelo de *campo eléctrico* establece que las cargas interactúan con el espacio y este con las cargas[15]. Este nuevo modelo cambia la concepción del concepto de espacio y resultó consistente con otros modelos desarrollados posteriormente: el electromagnetismo de Maxwell y la relatividad de Einstein.

Desde esta perspectiva se puede analizar el origen del concepto de campo electromagnético ideado por Michael Faraday: qué observaciones y experimentos lo guiaron en el desarrollo de su modelo. Un buen punto de partida es el capítulo 10 de la serie Cosmos de Neil deGrasse Tyson: *El niño eléctrico* (Cosmos: A Spacetime Odyssey, 2014b).

Con respecto al concepto de acción a distancia, resulta muy interesante la visión del propio Newton:

"Es inconcebible que la materia bruta inanimada, sin mediación de algo más, que no es material, deba actuar sobre otra, y afectarla sin contacto mutuo, como debe ser, si la gravitación en el sentido epicúreo le es esencial e inherente. Y esta es una razón por la que deseo que no se me atribuya la gravedad innata. Que la gravedad deba ser innata, inherente y esencial a la materia, de manera que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia a través de un vacío, sin la mediación de nada más, por y a través de lo cual se puede transmitir su acción y fuerza de un cuerpo a otro, es para mí un absurdo tan grande, que no creo que ningún hombre que tenga una facultad competente de pensar asuntos filosóficos pueda caer en ello. La gravedad debe ser causada por un agente que actúa constantemente conforme a ciertas leyes; pero si este agente es material o inmaterial, se lo he dejado a consideración de mis lectores." Newton, I. (1692–1693).

- GENERACIÓN DE ENERGÍA POR FUSIÓN.

Para los científicos del siglo XIX era impensado poder generar un Sol artificial en la Tierra, pero en pleno siglo XXI China lidera el desarrollo de un Sol artificial (con temperaturas alcanzadas superiores a 160 millones de grados Celsius). Proyectos similares se están desarrollando en la Unión Europea, Estados Unidos, India, Japón, Corea del Sur y Rusia. Durante gran parte del siglo XIX se consideró que el Sol era un cuerpo con constitución similar a la Tierra, cuya generación de energía se daba por la contracción gravitatoria (mecanismo de Kelvin). Con este mecanismo, el tiempo de vida del Sol sería del orden de 30 millones de años. El problema con este modelo apareció en pleno siglo XIX: las estimaciones geológicas y biológicas daban edades para la Tierra muy superiores a la edad del Sol. Un claro ejemplo de un modelo que no puede explicar las observaciones y los conflictos existentes en el ámbito científico. ¿Cómo se resolvió esta discrepancia entre el modelo reinante en la época y las observaciones? En 1920 Arthur Eddington propuso que la energía generada por el Sol se debía a transformaciones nucleares, y en 1938 Hans Bethe explicó el mecanismo de fusión nuclear (modelo que sí permite obtener un tiempo de vida de acuerdo con las dataciones geológicas y biológicas). Pero un caso histórico interesante ocurrió entre 1877 y 1919 cuando el astrónomo Edward Charles Pickering contrató a un grupo de mujeres para realizar un trabajo para el que no conseguía candidatos varones y por un salario miserable. Estas mujeres[16] clasificaron el espectro estelar de más de medio millón de estrellas. Entre estas mujeres se encontraba Cecilia Payne, quien

[15] Lo mismo ocurre con los conductores con corriente.

[16] Que pasaron a la historia como las "Calculadoras de Harvard" pero en su época se les llamaba despectivamente "El harén de Pickering".

emigró desde Inglaterra para poder realizar un doctorado en astronomía[17]. En 1925 publicó su tesis *Atmósferas estelares* donde explicaba la composición de las estrellas y la relación entre el espectro estelar y la temperatura de las estrellas. A pesar del excelente trabajo realizado por Payne (su modelo permitía explicar las observaciones recabadas en el espectro estelar y realizar predicciones), fue rechazado por uno de los mejores astrónomos de la historia: Henry Norris Russell[18], al contradecir el modelo aceptado en la época que consideraba la composición de las estrellas similar al de la Tierra. Cuatro años después, el mismo Russell llegaba a las mismas conclusiones que Payne y reconoció su error.

Este caso histórico es un excelente ejemplo para analizar a la ciencia como proceso y las características de un buen modelo científico. Además, es un excelente caso para analizar las implicaciones sociales y éticas de la investigación científica. Este caso histórico está documentado y explicado en forma muy amena en el capítulo *Las hermanas del Sol* de la serie *Cosmos* de Neil deGrasse Tyson (Cosmos: A Spacetime Odyssey, 2014a).

- EINSTEIN Y EDDINGTON.

Desde su publicación en 1915, la teoría de la relatividad general de Einstein ha sido puesta a prueba, y confirmada, en innumerables ocasiones. Fue capaz de predecir con precisión el movimiento de Mercurio (algo que la teoría de Newton no pudo), la desviación de la luz al pasar cerca del Sol, las ondas gravitacionales, los agujeros negros o las lentes gravitacionales. Resulta famoso el caso histórico donde el astrónomo inglés demostró la teoría del físico alemán[19] en el eclipse total de Sol de 1919, ocurrido en la isla de Príncipe (en el Golfo de Guinea). Resulta menos conocido que los resultados presentados por Eddington han sido objeto de debate durante muchos años, afirmándose incluso que manipuló los datos para confirmar la teoría de la relatividad de Einstein debido a la admiración que Eddington poseía por Einstein. Las incongruencias encontradas proponen que Eddington descartó a propósito aquellas mediciones de la desviación de la luz que arrojaban un valor inferior al predicho por la teoría de Einstein (aproximadamente 1.75 segundos de arco), y que estarían de acuerdo a la teoría de Newton (aproximadamente 0.85 segundos de arco)[20].

Este caso histórico resulta especialmente útil para explicar la forma moderna en la que se produce el conocimiento científico, por ejemplo, la revisión por pares y el sistema de publicación y validación del conocimiento. Esto sin mencionar que además es un ejemplo excelente para discutir las características de los buenos modelos y los contextos sociales donde se desarrollan las teorías científicas.

- PENZIAS Y WILSON.

Aunque pueda sonar paradójico, para promover la reflexión en los alumnos de que la ciencia es más que un conjunto de descubrimientos fortuitos (Solbes & Traver, 2001), el estudio del descubrimiento inesperado de una de las pruebas del Big Bang, por los ingenieros estadounidenses Arno Penzias y Robert Wilson en 1964, puede arrojar luz sobre el asunto. Penzias y Wilson estaban trabajando para la empresa Bell en New Yersey instalando una antena de radio para recepcionar la señal de los primeros satélites de comunicaciones instalados en órbita. Para su sorpresa se encontraron con un ruido inesperado que parecía provenir de todas direcciones, que inicialmente atribuyeron a la presencia de una "blanca sustancia dieléctrica": excremento de paloma.

Sin tener una explicación sobre este ruido, publicaron en la revista The Astrophysical Journal, el 13 de mayo de 1965, un artículo de dos páginas donde explicaban su descubrimiento a la vez que afirmaban que este ruido no podría atribuirse a ninguna fuente conocida: el Sol, las galaxias, el centro galáctico o interferencia terrestre. La radiación de fondo que detectaron era débil, uniforme y omnidireccional, proviniendo de una fuente cuya temperatura era de 3.5 Kelvin. En su artículo Penzias y Wilson no brindaron explicaciones a esta observación, en lo que constituye un hallazgo empírico sin teoría que le dé significado[21].

En el mismo número de la revista se publicó un segundo artículo sobre el tema, donde Robert Diche y James Peebles de la Universidad de Princeton daban una explicación al descubrimiento de Penzias y Wilson. ¿Cómo sucedió esto? El grupo de investigación de la Universidad de Princeton, liderado por Diche y Peebles, estaban investigando la radiación residual del Big Bang predicha veinte años antes por Gamow, Alpher y Herman. Su predicción teórica arrojaba que debería existir una

[17] En la Inglaterra de esa época las mujeres no podían obtener títulos universitarios o hacer doctorados.

[18] Uno de los creadores del diagrama más importante en astronomía, el diagrama HR.

[19] Se identifican sus nacionalidades por el contexto histórico de la primera guerra mundial y la creciente antipatía hacia los alemanes existente en gran parte del mundo.

[20] En 1801, Johann Soldner predijo la desviación de la luz al pasar cerca del Sol usando la teoría de la gravedad de Isaac Newton, asumiendo un modelo donde la luz era un conjunto de partículas con masa muy pequeña cercana a cero (ver Soldner, 1801).

[21] Situación análoga al trabajo analizado por "Las calculadoras de Harvard".

radiación residual del Big Bang, con una temperatura actual del orden de 1 a 10 Kelvin. A pesar de aún no haber podido encontrar dicha radiación, el modelo arrojaba una clara predicción. Siendo notificados del descubrimiento de Penzias y Wilson, escribieron una explicación de la teoría y de su predicción, y en el último párrafo de su artículo, relacionaron el descubrimiento de Penzias y Wilson con su modelo teórico. ¿Qué reflexión puede promover en los alumnos este caso histórico? ¿Permitirá relativizar el impacto de los experimentos u observaciones sin un cuerpo de teoría que lo respalde?

Conclusiones

El objetivo de este trabajo es promover la reflexión sobre algunos aspectos que muchas veces no son tenidos en cuenta en la práctica educativa, más concretamente se analizó la visión de ciencia y modelo que se transmite, así como la concepción de conocimiento científico. La falta de atención de estos aspectos no ocurre en forma deliberada por los docentes, muchas veces el escaso tiempo para cumplir con todo un programa, las obligaciones y dificultades inherentes a nuestro trabajo lo hacen inviable. Por este motivo, se plantea la utilización de casos históricos cuidadosamente seleccionados, los cuales pueden brindar a lo largo del curso una oportunidad para generar motivación y curiosidad en los alumnos, a la vez que permite analizar la ciencia como un proceso en constante evolución, donde los datos experimentales cobran sentido según los modelos que los interpretan.

Los ejemplos propuestos son algunos de la infinidad de casos históricos que pueden servir para analizar diferentes aspectos de las ciencias, y se presentan con la intención de facilitar al lector ejemplos para su análisis y puesta en práctica. Los recursos planteados son de fácil acceso y ampliamente conocidos.

Referencias

Adúriz-Bravo, A. (2001). *La epistemología de los modelos teóricos y su enseñanza*. Fondo de Cultura Económica.

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo de Cultura Económica.

Al-Khalili, J. (2011). *Chispa* [*Spark*] (Temporada 1, Episodio 1) [Serie documental]. En *La chispa* [*Shock and Awe: The Story of Electricity*]. BBC Four.

Conant, J. B. (Ed.). (1957). *Harvard case histories in experimental science. Volume I*. Harvard University Press.

Conant, J. B., & Nash, L. K. (Eds.). (1957). *Harvard case histories in experimental science. Volume II*. Harvard University Press.

Cosmos: A Spacetime Odyssey. (2014). *Sisters of the Sun* (Temporada 1, Episodio 8) [Serie de TV]. Dirigido por B. Braga; escrito por A. Druyan y S. Soter; narrado por N. deGrasse Tyson. Fox / National Geographic.

Cosmos: A Spacetime Odyssey. (2014). *The Electric Boy (El niño eléctrico)* (Temporada 1, Episodio 10) [Serie de TV]. Dirigido por B. Pope; escrito por A. Druyan y S. Soter; narrado por N. deGrasse Tyson. Fox / National Geographic.

Einstein, A. (1905). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik, 322*(10), 891–921. https://doi.org/10.1002/andp.19053221004

Furman, M. (2017). *Enseñar distinto: Guía para innovar sin perderse en el camino*. Ariel.

Furman, M., & Podestá, M. E. (2024). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Santillana.

Gellón, G. (2007). *Había una vez el átomo: O cómo los científicos imaginan lo invisible*. Siglo XXI Editores.

Gellón, G. (2008). Historia de la ciencia: Un recurso para enseñar. *El Monitor de la Educación*, (16), 32–34. Disponible en https://expedicionciencia.org.ar/wp-content/uploads/2015/06/Gellon-El-Monitor-Historia-de-la-ciencia.pdf

Gellón, G., & Furman, M. (2011). ¿Los peces pueden asfixiarse en el agua? Desmenuzando la idea de comprender conceptos en ciencia. En S. Lipina & M. Sigman (Eds.), *La pizarra de Babel: Puentes entre neurociencia, psicología y educación* (1.ª ed., pp. 279–298). Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Gellón, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M., & Golombek, D. (2018). *La ciencia en el aula: Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Siglo XXI Editores.

Gellón, G. (2019). *Del sistema solar al ADN: Contar historias para enseñar las teorías científicas en la escuela*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Michelson, A. A., & Morley, E. W. (1887). *On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether*. American Journal of Science, 3rd series, 34(203), 333–345.

Minzi, A. (2018). *Aprender competencias científicas en la Universidad: estudio sobre la incidencia de un curso cuatrimestral con enfoque en la indagación* (tesis de maestría). Universidad de San Andrés, Escuela de Educación. Repositorio Digital San Andrés.

Monteiro, L., Reyes, C., & Usher, X. (2023). *IV Encuesta Nacional de Percepción Pública de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimientos (CTIE) 2021*. Agencia Nacional de Investigación e Innovación. https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/iv-encuesta-sobre-percepci-n-p-blica-ctie-2021-informe-vf-24-05-2023.pdf

Müller, E. W., & Bahadur, K. (1955). *Field ionization of gases at a metal surface and the resolution of the field-ion microscope*. *Physical Review*.

Newton, I. (1692–1693). *Letters to Richard Bentley*. En H. W. Turnbull (Ed.), *The correspondence of Isaac Newton* (Vol. 3, pp. 238–241). Cambridge University Press.

Perkins, D. (1997). La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente. Barcelona: Gedisa.

Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento: Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes*. Buenos Aires: Paidós.

Solbes, J., & Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas*, *14*(1), 103–112. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4244

Solbes, J., & Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(1), 151-162. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4020

Suárez, Á., Baccino, D., Monteiro, M., & Martí, A. C. (2021). ¿Cuáles son las actitudes y creencias en torno a la Ciencia de los profesores y estudiantes de profesorado de Física del Uruguay? *Avances en la Enseñanza de la Física*, 3(1), eAEF.3.1.3. https://doi.org/10.36411/AEF.3.1.3

Thomson, J. J. (1897). *Cathode Rays*. *Philosophical Magazine*, 44, 293–316

Veritasium. (2021, 27 de junio). *¿Puede un auto eólico ir más rápido que el viento?* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=NDUIz_hU6hE

Veritasium. (2021, 19 de diciembre). *Un profesor de física me apostó $10000 a que estoy equivocado* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=

Veritasium. (2021, 19 de diciembre). *La idea errónea que nos enseñan sobre la electricidad* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=vjFefDCIje0

Veritasium. (2022, 13 de agosto). *Así funciona la electricidad* [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=vFV46tUKOHg

Von Soldner, J. G. (1801). Über die ablenkungeines lichtstrahls von seiner geradlinigen bewegung, durch die attraktion eines weltkorpers, an welchem er nahe vorbei geht [Sobre la desviación de un rayo de luz de su movimiento rectilíneo, por la atracción de un cuerpo celeste cerca del cual pasa]. *Berliner Astronomisches Jahrbuch*, 161-172.