

Contar la Historia de la Ciencia

Dan Murphy (*)

Con frecuencia, se relega la narrativa de la historia de la ciencia en nuestras aulas, lo cual resulta lamentable. Esta carencia cobra una relevancia especial al recordar las reflexiones de Alexis de Tocqueville en "El Antiguo Régimen y la Revolución", donde detalla los eventos que condujeron a la Revolución Francesa. La historia... es una galería de imágenes que contiene una multitud de copias y muy pocas originales.[1]

La historia de la ciencia no es diferente. Entre la multitud de copias, encontramos científicos llevando a cabo los procesos normales de la ciencia para hacer un progreso lento y constante, pero también encontramos errores que parecen repetirse una y otra vez. Los genuinos pioneros en el ámbito científico son escasos; se distinguen por ser **esas mentes brillantes que han transformado el devenir de la ciencia** mediante el desarrollo de teorías no convencionales o la realización de experimentos innovadores. Lamentablemente, entre estos pioneros también se hallan nuevos errores, inéditos hasta ahora en la historia de la ciencia, y esperemos que no se repitan. En esta colección visual, cada representación gráfica aporta su singular contribución a una narrativa más extensa; una narrativa que es, en última instancia, humana

Los estudiantes que estudian la historia de la ciencia desarrollarán una mejor comprensión del verdadero proceso de la ciencia, algo que ningún libro de texto o método científico puede enseñar tan bien. Mejorarán su juicio, aprendiendo de los errores de quienes vinieron antes. Y llegarán a apreciar la historia humana de la ciencia, siendo quizás más propensos a verse a sí mismos en esos grandes científicos que cambiaron el mundo.

Aprendiendo el Proceso de la Ciencia La ciencia no consiste en el catálogo de hechos científicos dados en los libros de texto. La historia de la gran experimentación científica no fue una serie de proyectos de laboratorio prefabricados ni simplemente una aplicación del "método científico". Desafortunadamente, esta es la imagen de la ciencia que se presenta a muchos estudiantes en el sistema educativo moderno. **Los diversos métodos empleados por los científicos a lo largo de los siglos para resolver los misterios en la ciencia son tan variados que ningún método único puede resumir cómo se hace la ciencia.** Al aprender la verdadera historia de la ciencia, los estudiantes ven cómo se desarrollan, confían y finalmente se demuestran incompletas las teorías. Comprenden la importancia de enmarcar cuidadosamente las hipótesis correctas para probar. Ven el papel crítico de la precisión y la exactitud en los experimentos más famosos de la historia de la ciencia. Y ven los diversos métodos que los científicos practican para lograr grandes logros científicos.

A medida que el siglo XX se acercaba, muchos científicos sentían que se estaban quedando sin problemas que resolver. En 1873, James Clerk Maxwell publicó su gran "Tratado sobre Electricidad y Magnetismo", en el que describe su teoría y experimentos que unieron los dos campos de la electricidad y el magnetismo en uno solo, es decir, el electromagnetismo o la luz. En 1869, Dmitri Mendeléyev publicó su tabla periódica que, después de algunas revisiones posteriores, se convirtió en el estándar en el que todos los elementos encajaban perfectamente. La Ley de Proporciones Definidas dictaba la proporción de elementos en todos los compuestos. La Ley de Acción de Masa dictaba la relación entre las concentraciones de compuestos en una reacción química y la velocidad de la reacción. Incluso un gas, la fase más escurridiza de la materia, podía describirse con leyes como la Ley de Gay-Lussac, la Ley de Charles, la Ley de Boyle y las Leyes de la Termodinámica. Como lo describe Bill Bryson en "Breve historia de casi todo":

Muchas personas sabias creían que no quedaba mucho por hacer para la ciencia.[2]

Esto es, por supuesto, una exageración. Las áreas de biología y química tenían muchos asuntos específicos que tratar, pero la física era diferente. La materia y la energía son los dos conceptos fundamentales tratados por los físicos. Parecía que la materia se había dominado con el descubrimiento de la tabla periódica y el conjunto de leyes que describen el comportamiento de la materia y las reacciones químicas. La energía parecía haberse dominado con la teoría electromagnética de Maxwell, la Ley de Gravitación Universal de Newton y las Leyes de la Termodinámica.

Sin embargo, quedaban algunas "anomalías" por explicar.

Albert Michelson y su asistente Edward Morley realizaron experimentos durante varios meses en 1887 para medir la velocidad de la luz del sol en varios momentos en la superficie terrestre. Algunas veces, la superficie terrestre se movía hacia el sol, otras veces se alejaba. La mecánica newtoniana predecía que alguien que se mueve hacia la fuente estacionaria de luz (el sol) debería medir la velocidad de la luz como mayor que alguien que se mueve alejándose

de la fuente estacionaria. El resultado fue sorprendente. Midiendo la velocidad de la luz, siempre la midieron precisamente la misma en todas las direcciones. Así, la primera anomalía.[3] Aun así, como escribe A.M. Bradshaw en un reciente artículo de Nature,

Varios físicos destacados, incluidos Michelson Morley, Lord Kelvin y Philip von Jolly, ya habían acordado que la catedral de la física estaba prácticamente completa, con solo algunas torres y pináculos por agregar, algunas juntas por esculpir.[4]

En segundo lugar, Edward Pickering publicó observaciones sobre la división de las líneas espectrales de hidrógeno emitidas por una estrella. Teorizó que eran causadas por una nueva forma de hidrógeno con niveles de transición de espectro medio. Esta extraña división del hidrógeno en una estrella lejana dio lugar a la segunda anomalía.

La primera anomalía sería explicada por Albert Einstein. En 1905, su *annus mirabilis*, publicó una serie de cuatro artículos que describían la teoría del efecto fotoeléctrico, explicaban el movimiento browniano, introducían la Teoría Especial de la Relatividad y demostraban la equivalencia masa-energía ($E=mc^2$). Entre estos documentos destacados, la Teoría Especial de la Relatividad explica el experimento Michelson-Morley, pero también demuestra que la mecánica newtoniana es inexacta para casos extremos.

La segunda anomalía sería explicada por Niels Bohr, el primero en presentar un modelo cuántico del átomo con niveles de energía discretos, donde los electrones orbitan el núcleo como planetas orbitando un sol. Max Planck y Albert Einstein ayudaron a desarrollar este modelo para explicar la interacción de un átomo con la luz. Este modelo y el campo de la mecánica cuántica fueron desarrollados por otros grandes científicos como Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Paul Dirac, Louis de Broglie y muchos otros.

La mayoría de los científicos veían estas dos "anomalías" simplemente como eso, anomalías que se explicarían con experimentación más cuidadosa o correcciones leves a las teorías actuales. Albert Einstein, ni siquiera considerando la anomalía en sí misma, reflexionó profundamente sobre las teorías actuales y exploró sus límites. No lo hizo con el "método científico", sino jugando con las matemáticas, haciendo varios experimentos mentales en su cabeza. De esta manera, desarrolló nuevas teorías fundamentales (basadas en unos pocos principios empíricamente confirmados) [5] que cambiaron fundamentalmente el curso de la ciencia. Niels Bohr abordó la anomalía en sí misma y desarrolló un modelo constructivo radicalmente nuevo (un modelo basado en construcciones arbitrarias de la imaginación) [6] dibujando una hermosa analogía entre el minúsculo átomo y el majestuoso sistema solar.

Estas dos historias enseñan a los estudiantes que la ciencia se puede hacer de diferentes maneras, y no solo de acuerdo con el método científico. El siglo XX resultó ser el siglo más productivo en la historia de la ciencia. Albert Einstein más tarde presentó la Teoría General de la Relatividad, unificando así el espacio y el tiempo en una entidad, a saber, un espacio-tiempo de cuatro dimensiones, y dando una explicación geométrica de la causa de la gravedad.

La mecánica cuántica y las herramientas desarrolladas para investigar y experimentar en esta área llevaron a tecnologías novedosas mucho más avanzadas que las anteriores. La investigación sobre la estructura del núcleo del átomo condujo a la bomba atómica.

Aprender de los Errores de la Ciencia El científico perspicaz detecta sus errores y los corrige. El científico sabio puede ver la dirección que está tomando su campo y puede decidir cumplir o incluso liderar el cambio o contrarrestar a los agentes de cambio en su campo. La historia está llena de ejemplos de científicos que nadaron contra la corriente, a veces llevando a grandes descubrimientos que ayudaron a corregir conceptos erróneos en la comunidad científica. Los estudiantes que estudian la historia de la ciencia crecerán en perspicacia y sabiduría, aprendiendo de los errores de sus predecesores. Incluso pueden ver cómo toda la comunidad científica puede estar equivocada.

El filósofo y matemático griego Ptolomeo (c. 150 d.C.) es acreditado con el desarrollo del modelo geocéntrico del sistema solar hasta sus límites más lejanos. El modelo geocéntrico fue adoptado por muchos como compatible con una visión humanista que veía al hombre y, por lo tanto, a la Tierra, como el centro de la creación de Dios. A medida que más datos observacionales llegaban a su atención y desafiaban el modelo geocéntrico, sostenido durante tantos años por tantas personas, modificó el modelo para que encajara con los datos. Ptolomeo cambió el modelo de uno con el sol y los planetas simplemente orbitando la Tierra a estos cuerpos celestes viajando en trayectorias matemáticamente complejas llamadas epiciclos. Una trayectoria de epiciclo puede describirse matemáticamente como una órbita circular que viaja en la circunferencia de un círculo más grande. Resulta que estas trayectorias de epiciclo son una descripción perfecta de cómo los cuerpos celestes parecen viajar a través del cielo. Como descripción matemática de los datos, el modelo de Ptolomeo era preciso. Fue su modelo conceptual lo que estaba equivocado, y corregirlo requería datos observacionales más precisos.

Al igual que muchas gemas de los griegos, el modelo de Ptolomeo fue heredado por Europa Occidental. La Iglesia Católica también adoptó el modelo, pero la distinción entre ciencia, filosofía y teología se volvió borrosa por un tiempo. Los teólogos elaboraron el modelo de Ptolomeo y comenzaron a enseñar que más allá de la esfera celestial, que contenía las estrellas, estaban las esferas celestiales donde moraban los ángeles y Dios. Los teólogos explicaron que es porque el hombre es el centro de la creación de Dios que la Tierra está en el centro del universo creado. Así, el modelo científico de Ptolomeo y la enseñanza de la Iglesia Católica se entrelazaron, y alejarse de la ciencia significaba alejarse de las enseñanzas de muchos miembros importantes de la Iglesia. Aunque nunca se habían hecho enseñanzas oficiales de la Iglesia declarando que Ptolomeo tenía razón, estaba vinculado con las creencias de muchos en la Iglesia. Más importante aún para nuestra discusión aquí, la comunidad científica y el mundo abrazaron este modelo geocéntrico del universo durante siglos.

Se atribuye a Copérnico la presentación del primer modelo heliocéntrico completo del sistema solar. Publicó el modelo en "De revolutionibus orbium coelestium" (Sobre las revoluciones de las esferas celestiales) en 1543, poco antes de morir. La publicación de Copérnico no fue declarada herética, aunque

sí produjo cierta controversia. Esto se debe a que Copérnico publicó un trabajo puramente científico que incluso estaba dedicado al papa.[7] Copérnico sentó así las bases para Galileo, cuyas observaciones y modelo heliocéntrico, cuyas observaciones y modelo heliocéntrico produjeron un cambio más duradero

Galileo realizó observaciones notables con un telescopio. Al ver las lunas de Júpiter y las fases de Venus, se preguntó si estos planetas eran más parecidos a la Tierra de lo que la gente pensaba. Sus observaciones de la superficie irregular de la Luna de la Tierra y las manchas oscuras en el sol desacreditaron la creencia común de que estos cuerpos eran "esferas celestiales" inmutables. Aunque la marea de opinión general estaba a favor de Galileo desde la publicación de la obra de Copérnico, los académicos y las autoridades de la Iglesia Católica eran escépticos. En medio de siglos de desarrollo y creencia en el modelo geocéntrico, Galileo tuvo que librar una batalla cuesta arriba. Sin la tecnología adecuada para reproducir sus observaciones y demostrarlas a sus oponentes, las conclusiones de Galileo parecían impulsivas o apresuradas. Galileo fue tranquilo y comprensivo durante algún tiempo, pero eventualmente se volvió audaz ante sus poderosos oponentes. En 1632 publicó "Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo", en el que criticó las enseñanzas de la Iglesia Católica y las comparó con el modelo copernicano del sistema solar. Fue encarcelado en 1633 bajo sospecha de herejía debido a la crítica a la enseñanza de la Iglesia, no a su trabajo sobre el modelo heliocéntrico. Sin embargo, la prisión fue de corta duración y se convirtió en arresto domiciliario. Continuó escribiendo, publicando "Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias" en Holanda en 1638. Murió cuatro años después, en 1642.

Eventualmente, la comunidad científica aceptó el modelo copernicano del universo. A medida que más personas pudieron hacer las observaciones que hizo Galileo, confirmando sus afirmaciones sobre las "esferas celestiales", la comunidad científica empezó a estar de acuerdo en que estos objetos no eran ni esferas ni celestiales. Sir Isaac Newton, nacido el año en que murió Galileo, pudo producir su obra fundamental sobre la Ley de la Gravitación Universal, describiendo cómo las leyes que rigen las órbitas de los planetas son las mismas que rigen nuestra experiencia cotidiana de una manzana que cae.

Los estudiantes pueden ver con esta historia cómo los miembros de la comunidad científica pueden equivocarse y, al mismo tiempo, cómo el proceso científico, cuando se lleva a cabo correctamente, puede corregirse a sí mismo. La historia contada en la primera sección sobre Bohr y Einstein explicando "anomalías" es otro ejemplo. Hay muchos otros ejemplos en la historia de la ciencia: la teoría del flogisto, la teoría del calórico y los modelos del átomo, por nombrar algunos. Ninguna teoría o hecho en la ciencia debe considerarse como definitivo. Galileo lo entendió claramente, y aunque cometió errores, logró llevar a cabo una revolución científica que cambió el mundo.

Aprender la historia de la ciencia, estudiar la historia de la ciencia permite a los estudiantes conocer las luchas, las dificultades, los fracasos y los éxitos de los grandes científicos. Inspirados por la grandeza, los estudiantes pueden aprender que el proceso de la ciencia moderna es un camino lleno de dificultades, que requiere gran paciencia y fortaleza para llegar al destino. Aprenden que es una empresa humana realizada por personas reales que hicieron más que simplemente experimentación de laboratorio o desarrollo teórico.

John Dalton se educó en gran medida por sí mismo y ganó su sustento como maestro. Aprendió acerca de los átomos a partir de los escritos de Boyle y Newton, y en 1803 desarrolló el primer modelo atómico científico completo. Su camino no fue fácil y enfrentó muchas dificultades. Como describe Benjamin Wiker en "El misterio de la tabla periódica":

Quizás sientas que nunca llegarás a ninguna parte en la vida porque no eres rico. O eres alto y delgado como una enredadera. O tienes una voz muy ronca, y lo que es peor, la gente comienza a bostezar y salir de la habitación cuando hablas. O tal vez tu barbilla y tu nariz son tan largas y puntiagudas que casi se tocan entre sí. Tal vez seas daltónico. Y quizás estés tan ocupado que no puedes hacer tu trabajo correctamente. Si tuvieras uno o dos de estos problemas, podrías considerarte bastante desafortunado. Pero si tuvieras todos estos problemas, serías John Dalton...[8]

Todas sus afirmaciones científicas sobre el átomo resultaron ser correctas o al menos parcialmente correctas. Y su teoría fue considerada como el estándar científico durante aproximadamente un siglo hasta que la experimentación pudo demostrar lo contrario. A pesar de sus problemas, John Dalton será recordado para siempre como una de las mentes científicas más grandes por su modelo del átomo.

Sir Isaac Newton también nació en una familia pobre. Su padre murió a los treinta y cinco años, justo meses antes de que naciera Isaac. Cuando Isaac tenía cinco años, su madre viuda se volvió a casar, y él fue enviado a vivir con su abuela. Cuando tenía diez años, el nuevo esposo de su madre murió, y él volvió a vivir con su madre, pero poco después fue enviado a un internado. Después de esto, estudió en el Trinity College, pero ocupó la posición más baja entre los estudiantes. Realizaba sus recados, servía sus comidas y comía sus sobras. Pero estudió duro y tuvo un desempeño excepcional en la escuela. Newton, considerado el mayor científico de todos los tiempos, también desconfiaba enormemente de los demás y era extremadamente introvertido. Después de recibir una respuesta crítica a su manuscrito "Una teoría sobre la luz y los colores" de la Real Academia de Ciencias, Newton se retiró aún más en la oscuridad y la introversión. También estaba siempre preocupado de que otras personas robaran su trabajo, y por lo tanto, escribía en escrituras crípticas, incluso en guiones codificados.[9] Al mirar los originales de sus cuadernos de trabajo, uno primero nota que están en latín, pero al examinar más de cerca también se nota que hay símbolos y abreviaturas que requerirían un cifrado para interpretarlos.[10] Y sin embargo, a pesar de sus extrañas tendencias idiomáticas, Newton pudo producir teorías increíbles y realizar experimentos innovadores.

La historia de Albert Einstein también inspira a los estudiantes a buscar la grandeza a pesar de circunstancias difíciles. Einstein abandonó la escuela en Alemania a la edad de quince años porque detestaba toda la memorización mecánica requerida. Se trasladó a una escuela secundaria suiza y se graduó en 1900 con un diploma de enseñanza en matemáticas y física del Instituto Federal Suizo de Tecnología. No logró conseguir un trabajo como profesor a pesar de calificaciones impresionantes, así que trabajó como empleado en una oficina de patentes en Berlín. Con su excepcional aptitud para las matemáticas y la ciencia, no podía ser simplemente un empleado de oficina y pasaba su tiempo libre pensando profundamente sobre la física. Haciendo ciencia con experimentación puramente mental, reflexionó y desarrolló teorías sobre la interacción de la luz con la materia, los límites del movimiento, las relaciones entre el espacio y el tiempo, y la naturaleza de la masa y la energía.

Estas tres historias y muchas, muchas otras demuestran que la ciencia es una empresa humana realizada por personas, y las vidas de estas personas son complicadas como las de todas las personas. **Traer la historia a la clase de ciencias es esencial, y como Mark Grannis describe en su artículo "Manteniendo la historia en la historia".**

La ciencia y la historia, a primera vista, parecen ser campos de estudio dispares. Pero estudiar la historia de la ciencia no solo ayudará a los alumnos a aprender historia en sí misma. También los educará mejor en el campo de la ciencia. No solo la historia, sino también la ética, la filosofía, la teología y todas las disciplinas deben ser llevadas al aula de ciencias, no como campos de estudio científico, sino como campos de conocimiento para ser discutidos y explorados. Así, se puede ayudar a nuestros alumnos a ver todas las disciplinas como complementarias y toda verdad como una sola.

[1] de Tocqueville, Alexis. El Antiguo Régimen y la Revolución. Traducido por John Bonner, 1.^a ed., Nueva York, Harper & Brothers Publishers, 1856.

[2] Bryson, Bill. Una Breve Historia de Casi Todo. Nueva York, Broadway Books, 2004.

[3] Ibid.

[4] Bradshaw, A. M. "Física desde el interior". Nature, vol. 412, n.º 6843, julio de 2001, pp. 121-122, 10.1038/35084119. Consultado el 30 de octubre de 2022.

[5] Para obtener más información sobre teorías constructivas y de principios, consulte mi artículo sobre "Ciencia, Teorías y Verdad":

Ciencia, Teorías y Verdad: El Estado Epistémico del Conocimiento Científico Moderno

O consulte el artículo de Einstein sobre este tema:

Einstein, A., En Ideas y Opiniones, Crown Publishers, Nueva York, 1954, pp. 227-232.

[6] ibid.

[7] Usuario, Super. "La Papalidad y Galileo". www.catholiceducation.org, www.catholiceducation.org/en/controversy/common-misconceptions/the-papacy-and-galileo.html. Consultado el 29 de octubre de 2022.

[8] Wiker, Benjamin, et al. El Misterio de la Tabla Periódica. Bathgate, N.D., Bethlehem Books; San Francisco, 2003.

[9] Gleick, James. Isaac Newton. Vintage, 18 de diciembre de 2007.

[10] "Presentando los Cuadernos de Newton". Ox.ac.uk, 2022, www.newtonproject.ox.ac.uk/texts/notebooks. Consultado el 30 de octubre de 2022.

[11] Grannis, Mark. "Manteniendo la Historia en la Historia". Heights Forum, 16 de septiembre de 2022, heightsforum.org/article/keeping-the-story-in-history/. Consultado el 30 de octubre de 2022.

(*) SOBRE EL AUTOR

Dan Murphy



Profesor, Western Academy

Dan Murphy se unió a Western Academy en el otoño de 2015. Enseña matemáticas, ciencias y latín en la escuela intermedia, así como una clase avanzada de matemáticas para estudiantes de quinto grado. El Sr. Murphy tuvo la suerte de recibir una educación de artes liberales en Trivium High School en Lancaster, MA. Asistió a la Universidad de Notre Dame, graduándose en 2009 con una Licenciatura en Ciencias en Física.