



## REFLEXIONES PARA UNA DIDÁCTICA DE LAS INGENIERÍAS (PRIMERA PARTE)

### *REFLECTIONS FOR A DIDACTICS OF ENGINEERINGS (FIRST PART)*

**Adriana Patricia Gallego Torres**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia) • [adpgallegot@udistrital.edu.co](mailto:adpgallegot@udistrital.edu.co)

**Carlos Enrique Montenegro Marín**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia) • [cemontenegrom@udistrital.edu.co](mailto:cemontenegrom@udistrital.edu.co)

**Rómulo Gallego Badillo**

Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá (Colombia) • [rgallego@pedagogica.edu.co](mailto:rgallego@pedagogica.edu.co)

### Resumen

En este artículo los autores plantean una reconstrucción histórica y epistemológica entre ciencia e ingeniería, partiendo de algunas consideraciones sobre la construcción histórica de los objetos de estudio de la ingeniería y de un análisis crítico de la aproximación epistemológica positivista que sobre ellos ha dominado desde mediados del siglo XIX. Por tanto, se presentará un recuento historiográfico de esos orígenes y del hecho de que las ingenierías fueron objeto de enseñanza, mucho antes que la biología, la física y la química. Se precisará a su vez, de qué manera la didáctica general fue una respuesta exigida por la necesidad de la “Revolución Industrial” y, el nacimiento de lo que hoy conocemos como facultades de ingeniería.

**Palabras clave:** historia, epistemología, ciencias, ingeniería, didáctica

### Abstract

This article proposes a historical and epistemological reconstruction between science and engineering, from some considerations about historical construction of engineering study objects and a critical analysis of positivist epistemology approximation that on them has dominated from middle of the 19th century. Therefore, this paper presents an inventory historiographical of these origins and of the fact of which the engineering's were an object of education before biology, physics and chemistry. Also, how general didactics was a response demanded by “Industrial Revolution” and, the birth of what today we know as engineering school.

**Keywords:** history, epistemology, science, engineering, didactics

## Introducción

De entrada se deja sentado que en la aproximación epistemológica positivista, desarrollada por Comte (1984) entre 1830 y 1840 del siglo XIX (Barona, 1994), se generalizó la idea de que las técnicas eran una aplicación de las leyes de la naturaleza descubiertas por los científicos, a los procesos de producción, en otras palabras, que se reducían a una aplicación del conocimiento científico. De conformidad con lo puntualizado por Barona (1994), Comte parece ser, que nunca recurrió a la historia para sustentar sus posiciones epistemológicas, en general, y, en particular, a la de las ingenierías y, por supuesto, a la de los procesos de las transmutaciones de éstas en artefactos. Esta concepción ha sido criticada y negada por quienes han, precisamente, acudido a la historia de la ciencia y la tecnología (Gallego, 1998), como se demostrará cuando se realicen algunas ilustraciones específicas.

Con base en revisiones históricas puntuales, conducentes al sostenimiento de una aproximación epistemológica no positivista, se puede afirmar, que la referencia a estos saberes -acudiendo a la denominación singular de “ingeniería”- estaría sostenida en concepciones deformadas que dominaron la sociedad hasta mediados del siglo XX, en las que la física era la ciencia por excelencia y que todas aquellas elaboraciones que aspiraran a ser consideradas como científicas, tenían necesariamente que ser formuladas en su mismo lenguaje (Assis, 1998) y acudiendo a una análoga delimitación de su objeto de conocimiento, como ocurrió en el caso de la sociología, por ejemplo (Buckley, 1982).

### De los orígenes de estos saberes

Se pueden proponer varias etapas, identificables como empírica, técnica e ingenieril, con las categorías discutibles para tal efecto (Gallego, 1998). En principio habría que hacer referencia a lo que los antropólogos denominan la emergencia del “*Homo habilis*”. Vendrá la del neolítico con el labrado y uso de la piedra pulida. Seguirá la conversión del ser humano en ceramista, una etapa en la que se perfeccionará la construcción de hornos y se inventará el crisol; una creación sin la cual la obtención de cobre metálico se inscribe dentro de explicaciones distintas a las

de la causalidad (Javanovic, 1980; Coghlan, 1940). El ser humano se hará metalurgista y comenzará la edad de los metales. Primero la del cobre, luego la del bronce y así sucesivamente.

Con las operaciones de los ceramistas y, posteriormente, con la de los metalurgistas, estos artesanos empíricos elaboran el convencimiento de que el ser humano, mediante el fuego controlado, se halla en condiciones de transformar la materialidad del mundo e incidir sobre ella en su beneficio. Se trata de unos saberes que implicaron, primero, identificar la greda apropiada para fabricar utensilios y ser cocida; en segundo lugar, identificar en los inicios, algunos minerales de cobre, malaquita y azurita, una experiencia que llevaría a la del estaño y su fundición con el cobre para obtener esa primera aleación que es el bronce. En conversaciones personales con el antropólogo Jorge Zuluaga, quien se ocupa de investigar el desarrollo de las culturas primigenias del territorio que hoy es Colombia, afirmó la existencia de unas etapas, una de las cuales se caracteriza por el empleo de pigmentos minerales en los recipientes cerámicos. Ello supone que paulatinamente la identificación de dichos minerales por su color, podría, haciendo una generalización, haber sido la base para experimentar con la azurita y la malaquita. Además, este investigador ha identificado y catalogado para las culturas precolombinas de las que se ha ocupado, vasos que serían ejemplos del paso indispensable para la construcción de crisoles.

Retornando a Europa, hay que destacar que los artesanos metalurgistas elaboraron explicaciones “míticas” sobre sus operaciones, las cuales “*mutatis mutandi*”, fueron retomadas por los alquimistas, que luego serían transformadas en Europa Occidental con la “Doctrina de los cuatro elementos”, enunciada por Aristóteles (Bensaude y Stengers, 1997). Si bien los historiadores reconocen una multiplicidad de vertientes que desembocaron en Alejandría y que contribuyeron a desarrollar una alquimia distinta de la idea común que se ha transmitido a través de versiones escolares tergiversadas, en las cuales no se suele clarificar que hubo, al menos y de manera general, tres clases de alquimistas. Los denominados alquimistas artesanos o esotéricos, quienes fueron los herederos de los ceramistas y metalurgistas; usaron el ingenio para realizar procesos metalurgistas, que consistían en un mecanismo interior para transmutar el plomo en oro, el metal no corruptible; los estafadores y

vendedores de sortilegios y otras “maravillas”, aprovecharon estos desarrollos para estafar al público y este desconocimiento de la historia, hizo que se formara una imagen negativa alrededor de la alquimia.

### De un problema técnico al origen de dos ciencias

Se narra en este apartado uno de los ejemplos conocidos que demuestra que la aproximación positivista que recae sobre la ingeniería carece de fundamentos históricos. En efecto, al final de la edad media y comenzando el renacimiento, la bomba impelente – expelente de Ctesibio de Alejandría fue utilizada para achicar las minas, especialmente las de carbón. Ésta comenzó a presentar un problema, ya que cuando la profundidad de las perforaciones pasaba de 14 metros, no podía elevar el agua. Los aristotélicos explicaron este hecho aludiendo que la naturaleza le tenía horror al vacío (Schneer, 1975).

El problema lo asumió Galileo, quien no le dio solución. Sin embargo, dadas las consecuencias económicas implicadas, la urgencia de resolverlo, llevó a que el sobresaliente científico italiano en su lecho de muerte, le solicitara a sus dos discípulos Torricelli (1608 – 1647) y Viviani (1622 – 1703), que se ocuparan del asunto (Gribbin, 2005). Ambos, aun cuando todos los reconocimientos se los han dado a Torricelli, enfocaron el problema de una manera radicalmente distinta. Cambiaron el agua por el mercurio y empleando un eudiómetro graduado de 100 centímetros lo llenaron con este metal líquido y lo sumergieron invertido en una cubeta que contenía igualmente mercurio. Encontraron que a nivel del mar la columna del eudiómetro se desucaba hasta la altura de 76 centímetros. Dedujeron que el peso de la columna de mercurio se hacía equivalente al de la columna de aire que pesaba sobre la superficie del mismo elemento vertido en la cubeta. Inventaron el concepto de presión atmosférica y el instrumento para medirla, el barómetro, a la vez que demostraron que el ser humano podía crear vacío, el vacío barométrico o de Torricelli (Gallego et al., 2008). De esta forma, quedó demostrado que el problema no era de la bomba, sino del equilibrio mecánico.

Los resultados de este experimento llegaron a manos de O. Von Guericke (1602 – 1686), quien rediseñó la bomba de Ctesibio y fabricó la bomba neumática y la

válvula de vacío. Le solicitó entonces a los artesanos mecánicos que le construyeran dos hemisferios por separado y que casaran uno de otro casi que de manera perfecta. Equipado de estos instrumentos, en 1657 realizó el primer experimento público en la historia de las ciencias, el de los “Hemisferios de Magdeburgo”, demostrando que el aire tenía peso. De nuevo es preciso resaltar que este resultado llegó también a manos de R. Boyle (1627 – 1691), cuando estaba construyendo un laboratorio en la Universidad de Oxford. Llamó entonces a R. Hooke (1635 – 1703), quien rediseñó la bomba neumática de Von Guericke. Con ella y la también denominada bomba neumática, realizaron todos los experimentos con gases, que darían origen a la “Química neumática” (Ihde, 1984). Aún cuando habrá que esperar hasta el siglo XIX para la constitución definitiva de esta ciencia, pero los historiadores reconocen en este periodo su punto de inicio.

El recuento histórico no acaba. Se refiere que Hooke, como corolario de los experimentos que llevó a cabo con Boyle, propuso obtener vacío condensando el vapor de agua contenido en un recipiente cerrado. En esa problemática se hallaba, cuando llegó a Inglaterra como refugiado D. Papin (1647 – 1712), dada la persecución a muerte de la iglesia católica a los hugonotes. Él sugirió que el vacío podía extenderse a toda la longitud del cilindro, sugiriendo que la presión atmosférica podía ser empleada para producir trabajo mecánico. En la práctica, esta idea fue concretada por T. Savery (1650 – 1715), quien patentó la máquina conocida como atmosférica. Ésta tuvo problemas en cuanto a la sustitución de la bomba de Ctesibio (Ferguson, 1981). La máquina de Savery fue superada y desplazada por el rediseño que de esta llevó a cabo T. Newcomen (1663 – 1729).

Otro ejemplo de desarrollos ingenieriles es el diseño de la máquina de vapor creado por Watt y quien ha sido considerado por muchos como el padre de la revolución industrial. La historia relata que J. Watt (1736 – 1819) como funcionario de la Universidad de Glasgow y cercano a la propuesta del profesor J. Black (1728– 1799), se le solicitó que reparara la máquina de Newcomen alrededor del año de 1763. Para resolver el problema, decidió analizarla desde la teoría del calor y de la temperatura propuesta por Black. Lo que lleva a afirmar que desde estos presupuestos un técnico formado en la fabricación de instrumentos científicos, concibió el diseño y

fabricación de la máquina de vapor. Watt, quien además de crear el concepto científico de potencia (HP), intentó también medir la eficiencia de la máquina, combinando la cantidad de combustible consumido con el trabajo realizado. Pero hay que esperar hasta que se consolidaron los trabajos de S. Carnot (1796 – 1821), por cuanto se planteó el problema suponiendo una máquina térmica ideal que funciona en un ciclo perfectamente reversible. A partir de ahí, se construyó la termodinámica clásica, que cómo hemos relatado tiene sus orígenes en desarrollos ingenieriles.

### Los “*collegia artificum*” y la formación de ingenieros

El origen de las Facultades de Ingeniería podría remontarse a la Grecia clásica y tal y como se ha relatado en las páginas anteriores, a los artesanos, que es una palabra que viene del arte de aprender un oficio, ya que los artesanos, tiene su origen etimológico en la traducción que los romanos hacen del término griego “*tekhné*” y sus “*teknícos*”, y que fueron los primeros en aprender sus “*artes liberales*” en la “*Escuela*”, que deriva de “*Scholarum*”, “*vagancia*”, pues era el lugar al que acudían los hijos de los que no ejecutaban trabajos manuales. Al frente de estas primeras escuelas estaban los profesores, palabra emparentada con “*profeta*”, el que posee la luz o el mensaje y se halla en condiciones de iluminar y mostrar el camino a los alumnos. Con el tiempo, el plan de estudio de estas primeras escuelas estaba constituido por el “*Trivium*”, las tres vías: gramática, retórica y lógica, que formaban al ciudadano para su participación activa en la vida pública; y el “*Quadrivium*”, las cuatro vías, aritmética, geometría astronomía (¿astrología?) y gimnasia, con miras a prepararlos para el manejo de sus propiedades, determinar los períodos de siembra y cosecha y para la guerra; hecho que lleva nuevamente afirmar la necesidad de conocer la historia para poder avanzar en propuestas innovadoras en la formación de ingenieros.

Las denominadas artes innobles o mecánicas, de “*mechanema*”, hacen referencia a lo que se hace con las manos, practicadas por los esclavos. De ellas no hubo en la antigüedad una institución para su enseñanza, puesto que en palabras de Hipócrates, se aprendían por observación e imitación, para lo que se requería poca participación de la inteligencia. Esto aún se observa en las sociedades que no han salido de un sistema de producción pre moderna, en las que, por

ejemplo, los campesinos llevan a sus hijos para que aprendan el oficio y consideran que para ello no se requiere escolarización alguna.

Una vez que el proyecto griego llega a su fin después de la batalla de Ipsos, en el 343 a. C; Roma se prepara para hacer su entrada al Mediterráneo oriental (Nizan, 1971). La historia va sufrir un cambio. La capital del imperio se constituirá en un lugar al que todos quieren ir en la búsqueda de mejor vida. Roma estará constituida por patricios y plebeyos, a la vez que con esclavos, quienes seguirán ocupándose de los oficios propios de su clase. Arribarán los extranjeros que por no ser ciudadanos y para asegurarse la subsistencia, comenzarán a desempeñarse en esas artes innobles, sin limitación alguna.

Se dice que frente a la confusión creada, el legendario emperador Numa, reguló el desempeño de éstos oficios agrupando a sus practicantes en corporaciones. La de los flautistas, la de los orfebres, la de los leñadores o carpinteros, la de los tintoreros, la de los zapateros, la de los peleteros y curtidores y la de los caldereros y alfareros. A estas se agregaron otras, como la de los herreros, la de los de la plata y similares; todos ellos excluidos de la escuela de las artes liberales. El nombre original de cada una de estas corporaciones es, precisamente, la de “*Collegia Artificum*” (Manocorda, 1987). Este hecho tendrá repercusiones históricas.

En la alta edad media continúan superviviendo estas organizaciones. En el 750 d. C. en el seno de las mismas se crean los “*nogotiadores*”, que a su vez son clasificados en “*maiores, sequentes y minores*”, que anticipa la taxonomía de artes mayores y artes menores posteriormente. Los “*negotiadores o artifices*” serán los orfebres, pintores, artesanos del cobre, caldereros, sastres y jaboneros. Estos aparecen a su vez, en los “*Collegia Artificum*”, divididos en “*magistri y discipuli*”, el maestro artesano y sus discípulos. Después del año 1000 d.C., con la aparición de nuevos modos de producción, el asomo temprano de la especialización y los primeros desarrollos de esa clase emergente que Marx llamará la burguesía, crean las condiciones para exigir un proceso formativo para el que la simple observación e imitación resultan insuficientes (Manocorda, 1987).

Es dentro de estas exigencias que se definen los estatutos de sentido y de funcionamiento de los

“Collegia Artificum”, que regularán las relaciones entre los maestros artesanos, socios, aprendices y jornaleros. En lo relacionado a los aprendices o discípulos, estos estatutos fijarán el número de ellos, la edad requerida, la duración mínima para el aprendizaje, el pago por este y el mantenimiento cotidiano. Fijaban igualmente, las pruebas finales a las debían ser sometidas en la ejecución de una obra encargada para demostrar maestría, un jurado de la misma corporación, determinaba su admisión como maestro en el arte correspondiente y se le autorizaba ofertar su arte a la sociedad.

En la segunda mitad del siglo XVIII se asiste a la creación de la fábrica y en este contexto a la supresión de hecho y de derecho de los “Collegia”, para dar paso a la escuela pública y la finalización paulatina del aprendizaje corporativo. De la misma manera, en la segunda mitad del siglo XIX, cuando los maestros artesanos son convertidos en obreros y despojados incluso del conocimiento que los identificaba, se empieza a plantear el problema de la masa de obreros dedicados a operaciones repetitivas, por lo que emerge el dilema. Reproducir en las fábricas los métodos para el aprendizaje de los oficios o crear escuelas técnicas profesionales.

Los datos que se tienen apuntan a que en Inglaterra, hacia finales del siglo XIX, esta nación contaba ya con ingenieros de alta calidad, egresados de un sistema educativo propio de una sociedad industrializada. Como se sabe, las “*Livery companies*” de Londres, descendientes directas de los gremios de artesanos, fundaron el “*Institute for the advancement of the technical education*”, en 1876. De este Instituto surgió posteriormente el “*City and Guilds College*”, que más tarde se convirtió en el “*Imperial College of Science and Technology*” (Rae, 1981).

Agréguese que en 1820, se crea el “*Institute for Civil Engineers*”, que adquirió carta oficial en 1828. Más tarde, en 1848 se funda el “*Institute of Mechanical Engineers*” y en 1869, el “*Iron and Steel Institute*” y en 1871, la “*Society of Telegraph Engineers and Electricians*”, que se convertirá en 1889 en la “*Institution of Electricians Engineers*”. En los Estados Unidos la enseñanza de la ingeniería se instaura en la Universidad de Harvard en 1847, y en la de Yale, en 1850. En esta Nación, en 1854, se funda el “*Polytechnic Institute of Brooklyn*”, y en 1861, el “*Massachusetts Institute of Technology*”, al mismo tiempo que el “*Stevens Institute of Technology*”. En 1980, el “*Case Institute of Technology*” (Rae, 1981).

## Las relaciones ciencia, ingeniería y sociedad

La literatura en general ha establecido ampliamente la relación existente entre la ciencia y la ingeniería. En primer lugar, porque los estudios históricos y epistemológicos de finales del siglo XX y comienzos del XXI, demostraron que hay una pluralidad de historias, de metodologías (Estany, 2005) y, por supuesto, de ciencias, así, por ejemplo, y como ya se ha comentado, la química dejó de ser esa ciencia análoga a la física (Izquierdo, 2010; Lombardi y Pérez, 2010) y se ha rechazado el punto de vista “fiscalista” para entender la construcción histórica de la biología (Mayr, 2006). La estructura conceptual y metodológica de la física dejó de ser el patrón para juzgar el estatuto científico de estas ciencias.

Segundo, como se intentará demostrar posteriormente, al contrario de lo que se suele admitir, no hay una ingeniería, sino una pluralidad de estos saberes, incluida la división positivista de “ciencias duras” y “ciencias aplicadas”. No obstante, aquí se hará referencia específica a las primeras, con una estrecha relación con la física y refutadas ampliamente hoy por la comunidad de especialistas.

Las relaciones entre la ciencia y la ingeniería, las podemos establecer desde el punto de vista historiográfico con los trabajos de Galileo, quien para contrastar su hipótesis matemática acerca de la caída de los cuerpos, le solicita a los artesanos mecánicos que le construyan el plano inclinado y las esferas que requiere para realizar esa contrastación. Se afirma que con este hecho, Galileo introdujo la episteme de las matemáticas en el saber técnico de estos artesanos (Koyré, 1979); algo que a la larga transformará este saber en tecnología. Sin embargo, para que este proceso se concretara, habrá de esperar al diseño y fabricación de las máquinas – herramientas de precisión, lo que ocurre entre 1794 y 1810, cuando un personaje de apellido Maudsley transforma el torno en un instrumento de estas características. Luego, J. Whitworth (1803 – 1887), introdujo la estandarización (Mason, 2001).

El siguiente paso para la consolidación de esa relación, va a suceder en la Inglaterra del siglo XVII, en lo que ha sido conocido como la revolución científico técnica, que fue estudiado por K. Merton en dos trabajos de investigación que originaron los estudios sociales de

la ciencia. En ellos se demostró que todo se debió a una conjunción de factores socioculturales, políticos y económicos, a los que habría que agregar los militares y los religiosos, que crearon un entorno propicio para que esa “Revolución” tuviera efecto (Barona, 1994). Sin ánimo de hacer apología, es preciso resaltar que en dicho proceso estuvieron implicados los capitalistas, cuya lógica terminó por incidir tanto en el sistema de producción de bienes y servicios, hasta el punto de que la ingeniería se asumió como una empresa (Restivo, 1992). Dados los estrechos vínculos históricos entre los saberes científicos y la ingeniería y como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, es el desconocimiento epistémico el que lleva a sostener que la ingeniería no es una ciencia, sino una aplicación del conocimiento científico.

### Algunas especificidades de las relaciones ciencia-ingeniería

Para un planteamiento de estas relaciones y por fuera de las aproximaciones positivistas, se acude a las categorías de “*modelo científico*” y de “*modelo tecnológico*”. La primera se hizo necesaria cuando se analizó la concepción de teoría, propia de la física y establecida por I. Newton (1642 – 1727), en su obra “*Principia*” y “*Óptica*” en las que les enseñó a sus sucesores que cualquier elaboración científica había de ser formulada, de manera general, a partir de definiciones, postulados, demostraciones y corolarios (Assis, 1998). Confirmando de nuevo, con el hecho histórico de que ni la química ni la biología habían sido construidas siguiendo esta regla metodológica.

Desde esta perspectiva dominante no habría teorías químicas ni teorías biológicas y mucho menos habría cabida para determinar a la ingeniería como una ciencia. Frente a este problema, los especialistas acudieron a la categoría de modelo científico (Del Re, 2000; Caldin, 2002), a partir del cual se adoptó la taxonomía para determinar lo que consideraban científico (Keeves, 1990). En el caso, los modelos tecnológicos, se ha acudido para explicar los procesos de formación de los ingenieros y, a su vez, la educación de las nuevas generaciones basada en una alfabetización científica y tecnológica (Fourréz, 1994). La pregunta es cómo desligar conceptual y metodológicamente las ciencias y las ingenierías, sin caer en los planteamientos positivistas. Para

avanzar en este problema se debe proponer una estructura histórico epistemológica y didáctica para las ingenierías, que abarque la necesaria inclusión de un didáctica común a los ingenieros y, a su vez, específica que responda a las diferentes especialidades que existen. Partiendo del reconocimiento de que la ingeniería, al igual que la física, se sirve de otras disciplinas para construir sus objetos de estudio, que posee una historia, y un modelo propio, una comunidad y responde a la resolución de problemas derivados de sus objetos de estudio.

En conclusión es una ciencia y como se ha intentado demostrar a lo largo de este escrito, tiene una tradición y unos fundamentos distintos a los de la física. En este sentido, Poser (1998), propone una distinción entre ciencia empírica e ingeniería y afirma que la relación entre ciencias naturales e ingeniería ha sido histórica y sistemáticamente mal entendida, ya que la relación que se ha establecido históricamente entre ellas a través de los artefactos no es pertinente, debido a que los adelantos tecnológicos y a los elementos usados en la experimentación presentan la necesidad de marcar la diferencia entre ciencia e ingeniería a partir de aspectos metodológicos y no ontológicos. Así por ejemplo, tenemos que la ingeniería no tiene como metodología propia el método científico asociado a la ciencia, como un conjunto de pasos a seguir para obtener un resultado satisfactorio. Por el contrario, los ingenieros acuden al método heurístico que se configura a partir de una anomalía detectada en la praxis cotidiana. Esta anomalía no exige preguntas de investigación, sino que demanda soluciones. Las soluciones se pueden o no expresar en lenguaje matemático, sin embargo, no son hipótesis que se sometan a contrastación experimental tal y como lo hace la física. Por el contrario, la solución a un problema de ingeniería, o anomalía detectada en el campo de la ingeniería, es el resultado de la aplicación práctica de una norma, bajo unas variables determinadas. Pero sin dejar de lado la rigurosidad científica de otras ciencias.

### A manera de conclusión

A lo largo de este escrito se ha intentado demostrar que, históricamente, los orígenes de la ingeniería y su relación con la ciencia, tildada inicialmente, como una aplicación de la física bajo el llamado “método

científico” y la formulación matemática de sus planteamientos representa una imagen ingenua de lo que es la ingeniería. Los estudiosos de esta problemática saben que la concepción de ciencia, dio un vuelco en la sociedad a partir de los estudios del físico Thomas Kuhn, al plantear en su libro, la estructura de las revoluciones científicas, la importancia de la historia de las ciencias, para poder elaborar cartografías que permitieran reconstruir la forma en la que los modelos científicos se construyeron y las diferentes metodologías involucradas en éstos procesos, a partir de las cuales se instauró el convencimiento de que no era posible una aproximación epistemológica acerca de qué eran las ciencias de la naturaleza y cómo se

habían desarrollado y construido, por fuera de una revisión histórica y metodológica documentada (Kuhn, 1972). Numerosos autores se sumaron a las propuestas de Kuhn y desmitificaron las primeras estructuras en las que se edificó a la “ciencia” y por ende la física. Dentro de estas incipientes y descontextualizadas clasificaciones se han originado toda una serie de obstáculos epistemológicos que llevan a la necesidad de realizar estudios históricos, epistemológicos y didácticos alrededor de la formación de ingenieros en Colombia y más aun en un mundo repleto de los productos resultantes de la ciencia y la tecnología. Propuesta que los autores de este trabajo plantearan en una segunda parte.

## Referencias

- Assis, A. K. T. (1998). Newton e suas obras: o Principia e o Óptica. En: *Liguagens, leituras em ensino de ciencias*. Alameida, M. J. P. M. y Da Silva H. C. (Org.), 37 – 52. São Paulo: Unicamp.
- Barona, J. L. (1994). *Ciencia e historia. Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia*. Valencia: Guada.
- Bensaude – Vincent, B. y Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid: Addison – Wesley.
- Buckley, W. (1982). *La sociología y la teoría moderna de los sistemas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Caldin, E. F. (2002). The Structure of Chemistry In Relation to the Philosophy of Science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 8(2), 103–121.
- Coghlan, H. N. (1940). Prehistoric Cooper and some experiment in smelting. *Transactions of the Newcomen Society*.
- Comte, A. (1984). *Curso de filosofía positiva (Lecciones 1 y 2)*. Barcelona: Orbis.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6(1), 5 – 15.
- Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*.
- Fouréz, G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Calihue.
- Gallego Badillo, R. (1998). *Discurso constructivista sobre las tecnologías. Una mirada epistemológica*. Bogotá: Magisterio.
- Gallego B., R., Pérez M., R. y Gallego T., A. P. (2008). Reconstrucción del modelo cinético molecular de los gases. En: *Unidades didácticas en Química y Biología*; Quintanilla Gatica, M. y Angulo Delgado, F. (Comp.), 131 – 158. Santiago de Chile: Conocimiento.
- Gribbin, J. (2005). *Historia de la ciencia. 1543 – 2001*. Barcelona: Crítica.
- Ihde, A. J. (1984). *The development of modern chemistry*. New York: Dover.
- Izquierdo, M. (2010). La transformación del átomo químico en una partícula física ¿Se puede realizar el proceso inverso? En: *Historia y filosofía de la Química*, Chamizo, J. A. (Coord.), 169 – 194. México, Siglo XXI.
- Javanovic, B. (1980). Los orígenes de la la minería del cobre en Europa. *Investigación y Ciencia*, 45, 94–100.
- Keeves, J. P. (1990). Models and model building. In: *Educational research, methodology, and measurement. An International Handbook*. J. P. Keeves (Edit.). 559 – 566. Oxford: Pergamon.
- Koyré, A. (1979). Del mundo del “más o menos” al universo de la precisión. *Naturaleza, Educación y Ciencia*, 4. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Kreimer, P. (2009). *El científico también es un ser humano. La ciencia bajo la lupa*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Kuhn, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lombardi, O. y Pérez, A. R. (2010). En defensa de la autonomía de la química frente a la física. Discusión de un problema filosófico. En: *Historia y Filosofía de la Química*, Chamizo, J. A. (Coord.), 195 – 209. México: Siglo XXI.

- Manocorda, A. (1987). *Historia de la educación*. México: Siglo XXI.
- Mason, S. F. (2001). *Historia de las ciencias. 4. La ciencia del siglo XIX*. Madrid: Alianza.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.
- Poser, H. (1998). *On structural differences between science and engineering*. Phil & Tech.
- Rae, A. (1981). *Quantum Mechanics*. Institute of Physics Publishing.
- Restivo, S. (1992). La ciencia moderna como problema social. *Fin de Siglo*, 3, 20 – 39.
- Schneer, C. J. (1975). *Mente y materia*. Barcelona: Bruguera.

## Sobre los autores

---

### **Adriana Patricia Gallego Torres**

Profesora del Doctorado en Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá (Colombia). Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos (Grupo IREC)  
adpgallegot@udistrital.edu.co

### **Carlos Enrique Montenegro Marín**

Profesor del Doctorado en Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco

José de Caldas. Bogotá (Colombia). Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos (Grupo IREC)  
cemontenegrom@udistrital.edu.co

### **Rómulo Gallego Badillo**

Profesor de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá (Colombia). Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos (Grupo IREC)  
rgallego@pedagogica.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.