



Una controversia de la Historia de la Tecnología para aprender sobre Naturaleza de la Tecnología: Tesla vs. Edison-La guerra de las corrientes

The story of a controversy in the History of Technology for learning about the Nature of Technology: Tesla vs. Edison-The War of the Currents

José Antonio Acevedo Díaz
Inspector de Educación jubilado, Huelva, España
ja_acevedo@vodafone.es

Antonio García-Carmona
Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla, España
garcia-carmona@us.es

RESUMEN • Se presenta la controversia entre Tesla y Edison, conocida como «la guerra de las corrientes» en la Historia de la Tecnología, para abordar en el aula algunas cuestiones de Naturaleza de la Tecnología (NDT) desde un enfoque explícito y reflexivo. La propuesta se dirige a la formación de estudiantes de profesorado de educación secundaria en NDT y su didáctica. Se presta atención tanto a los aspectos epistémicos como a los no-epistémicos en el texto de la controversia y en las cuestiones que se plantean. Asimismo, se proponen algunas recomendaciones metodológicas para su implementación y evaluación en el aula.

PALABRAS CLAVE: Historia de la Tecnología; Naturaleza de la Tecnología; formación del profesorado; controversia histórica; Tesla vs. Edison.

ABSTRACT • The Tesla vs. Edison controversy known as «The War of The Currents» in the History of Technology is presented. It is focused on addressing in classroom a set of questions related to the Nature of Technology (NOT) from an explicit and reflective approach. The teaching proposal is aimed to the prospective Secondary Education teachers training in NOT issues and its didactics. Attention is given to both epistemic and non-epistemic aspects in the text of the controversy and the NOT questions asked. Also, some methodological recommendations for implementing and assessing the didactic proposal in science classroom are offered.

KEYWORDS: History of Technology; Nature of Technology; teacher training; historical controversy; Tesla vs. Edison.

Recepción: septiembre 2015 • Aceptación: diciembre 2015 • Publicación: marzo 2016

Acevedo Díaz, J. A., García-Carmona, A., (2016) Una controversia de la Historia de la Tecnología para aprender sobre Naturaleza de la Tecnología: Tesla vs. Edison – La guerra de las corrientes. Enseñanza de las Ciencias, 34.1, pp. 193-209

INTRODUCCIÓN

Las personas vivimos inmersas en una cultura tecnológica desde que nacemos hasta que morimos. La vida cotidiana, en el medio urbano y en el rural, en el hogar y en el trabajo, está repleta de productos e instrumentos tecnológicos, además de numerosas tecnologías organizativas y simbólicas, cuyo uso no suele ser complicado porque no es necesario conocer los principios científicos ni tecnológicos que los sostienen. La tecnología ha sido, y es, responsable de numerosas transformaciones sociales.

La técnica es mucho más antigua que la ciencia como actividad transformadora. La habilidad para la técnica representó una ventaja importante en la evolución humana, mientras que la capacidad para la ciencia apenas fue relevante para la mayoría. La tecnología, entendida como técnica científicamente fundamentada, es muy posterior. Las tecnologías basadas en la ciencia se han multiplicado desde el siglo xx, y esta última llega a desempeñar un papel importante en muchas innovaciones tecnológicas; un entramado conocido como *tecnociencia*¹ (Echeverría, 2003). Sin embargo, la tecnología contemporánea no debe interpretarse como la simple aplicación de los descubrimientos realizados por la ciencia (Basalla, 1988).

Hay cierta tendencia a mostrar la interacción entre la ciencia y la tecnología como si fuera causal, con un sesgo exagerado en el sentido que va de la ciencia a la tecnología en detrimento del opuesto² (Sanmartín, 1990). Para ello, se recurre a diversos ejemplos de innovaciones tecnológicas basadas en la ciencia; uno de ellos es el desarrollo de la industria electromagnética en el siglo xix. No obstante, hay otros ejemplos históricos en los que el desarrollo tecnológico no estuvo precedido por un incremento notable en la investigación científica de ese campo. Tal fue el caso de la primera revolución industrial, que se dio en Inglaterra a finales del siglo xviii y que cristalizó en las primeras décadas del xix (*e.g.*, minería, máquinas térmicas de Newcomen y Watt, metalurgia, telares mecánicos...). Más bien sucedió al revés: el desarrollo de la termodinámica se debió, en parte, a la reflexión teórica sobre las máquinas de vapor. Otro caso es el de la química orgánica industrial, que se potenció por los intereses de los fabricantes de tintes de la época (Acevedo, 2006).

Estos ejemplos, entre otros, no tienen que ser del todo perfectos; con frecuencia se dan situaciones intermedias en las que la tecnología ha ejercido mayor o menor influencia en la evolución de la ciencia, y viceversa. Asimismo, hay casos en los que la ciencia y la tecnología se han desarrollado de manera coordinada, como en el ámbito de la electrónica (Acevedo, 2006; García-Carmona y Criado, 2011), y otros en los que han evolucionado de modo bastante independiente. Los productos tecnológicos pueden haber seguido diversos procedimientos en su diseño y desarrollo, desde los que no necesitan demasiado de las teorías científicas más avanzadas hasta los que dependen de estas, pasando por los que combinan ambas vías (Basalla, 1988; De Vries, 1996). Además, el funcionamiento de los productos tecnológicos no suele explicarse por un único principio científico, porque incluso los más sencillos forman sistemas con componentes muy diversos (Gardner, 1997). En resumen, las conexiones entre ciencia y tecnología no son jerárquicas, sino sistémicas y complejas (Acevedo, 2010).

Aunque la ciencia y la tecnología sean ontológicamente independientes, sus conexiones mutuas han ido en rápido aumento desde el siglo xix (Acevedo, 2006; Sánchez-Ron, 2004; Ziman, 1980). Una muestra temprana fue la creación en Alemania, durante 1887, del Instituto Imperial de Física y Tecnología (*Physikalisch-Technische Reichsanstalt*, PTR). El principal impulsor y responsable del diseño y construcción del PTR fue Ernest Werner Siemens, ingeniero, inventor y empresario en campos tec-

1. La tecnociencia se relaciona con la gran ciencia (*big science*) y la alta tecnología (*high technology*), aunque no debe confundirse con ambas (Acevedo, 2006).

2. La 22.ª edición del Diccionario de la lengua española de la Real Academia Española (DRAE) define la tecnología en su cuarta acepción como el «Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico».

nológicos relacionados con el alumbrado eléctrico, la telegrafía y sistemas de tracción eléctrica como el tranvía. Siemens dominó la industria de bajo voltaje, y compartió poder en la de alto voltaje en Alemania durante la segunda mitad del XIX. El primer presidente del PTR fue Hermann von Helmholtz (Sánchez-Ron, 1992).

La práctica tecnológica se ha ido haciendo más científica, no solo por los conocimientos proporcionados por la ciencia sino, sobre todo, por haber incorporado una metodología más sistemática, de manera cada vez más consciente y extendida. Asimismo, gran parte de la ciencia está cada vez más ligada a los intereses de la tecnología (Acevedo, 1997), y ha ido desplazando su modo de hacer y su organización desde los típicamente académicos hasta los característicos de los laboratorios industriales y gubernamentales. Como dijo Richards (1987), aunque los canales de comunicación no operen perfectamente, hay un flujo de información entre la ciencia y la tecnología en ambos sentidos a través del continuo I+D+i. Si la tecnología contemporánea se apoya en la ciencia, también es un requisito de ella (Gardner, 1997). Así, ha surgido una *ciencia postacadémica* que es mucho más tecnológica³ (Ziman, 2003).

Por un lado, todas las tecnologías emergentes tienden hoy a generar sus propias ciencias (Ziman, 1984). Por otro, muchos campos de conocimiento científico son examinados para determinar sus beneficios comerciales potenciales, por lo que las ciencias que no lo han hecho aún se encuentran en vía de generar sus respectivas tecnologías (Acevedo, 1997). No obstante, aunque la relación actual entre la ciencia y la tecnología es bastante intensa en una gran variedad de casos, todavía hay otros en los que la interacción es menos amplia de la que existe entre las nuevas y viejas tecnologías (Price, 1972). En lo fundamental, la mayoría de este tipo de novedades tecnológicas derivan por evolución de inventos anteriores (Basalla, 1988).

HACIA UNA DEFINICIÓN DE TECNOLOGÍA Y DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO

Según Gilbert (1995), no existe una definición universal de tecnología. Ello puede deberse a que su significado es polisémico en la vida cotidiana. Por tanto, hay diferentes formas de entender la noción de tecnología, un concepto poliédrico que es cada vez más complejo. Asimismo, su significado ha ido cambiando a través de los tiempos; del sentido más estricto que tenía en los siglos XVIII y XIX se ha pasado hoy a interpretarla como un conjunto de fenómenos, herramientas, instrumentos, máquinas, organizaciones, métodos, técnicas, sistemas, etc. (Osorio, 2002).

Kline (1985) sugirió la necesidad de una mayor concisión en la definición de tecnología. Para ello, le atribuyó los siguientes significados:

1. El conjunto de productos artificiales fabricados por las personas (herramientas, instrumentos, máquinas, artefactos y todo tipo de sistemas).
2. Los conocimientos técnicos, metodologías, capacidades y destrezas necesarias para poder diseñar y realizar las tareas productivas; es decir, las actividades relacionadas con la pericia o experiencia técnica, el saber hacer o *know-how*.
3. Los recursos humanos y materiales del sistema sociotécnico de producción.
4. El sistema sociotécnico necesario para el uso y mantenimiento de los productos fabricados, que incluye también los aspectos legales.

3. Ziman (2003) se refiere a la ciencia postacadémica como un componente de la tecnociencia actual, que resulta de la hibridación entre la ciencia académica y la ciencia industrial.

La mayoría de las personas suelen tener en cuenta las tres primeras acepciones, pero olvidan la última o le restan importancia. Las dos primeras, que se corresponden con la imagen instrumental o artefactual tradicional de la tecnología, son las más arraigadas;⁴ una perspectiva limitada, que aísla a los productos tecnológicos de su entramado social. Las dos últimas forman parte de la dimensión organizativa de la tecnología (Acevedo, 1998, 2006; Pacey, 1990).

Según Waight y Abd-El-Khalick (2012), la filosofía de la tecnología caracteriza la tecnología como un proceso complejo que (i) ejemplifica el artefacto, la actividad asociada a este y el proceso que lo genera; (ii) resalta la complejidad del diseño, el desarrollo y la implementación de la innovación; (iii) ilustra las interacciones entre la tecnología y los ámbitos políticos, económicos y culturales; (iv) revela los beneficios y obstáculos intencionales y no intencionales; y, lo más importante, (v) interroga críticamente las complejidades de la innovación y cómo estas se manifiestan en diferentes contextos.

Respecto al conocimiento tecnológico, cabe destacar su carácter interdisciplinar y pragmático, con rasgos propios que lo hacen diferente del originado por la ciencia formal y sustancialmente (Acevedo, 1998; Gardner, 1997). La tecnología se nutre tanto de su propia experiencia como de otras áreas, constituyendo un conocimiento en el que conviven conocimientos proposicionales procedentes de otros campos y conocimientos operacionales relativos al «saber hacer» (*know-how*). Asimismo, el diseño, desarrollo y evaluación de una tecnología se ajustan a una lógica diferente a la propia de la investigación científica (Acevedo, 1998).

Basándose en ideas de Staudenmaier (1985), Fleming (1989) ha señalado los siguientes componentes del conocimiento tecnológico:

- *Conceptos científicos*, que se reelaboran, rebajando su nivel de abstracción, para adaptarse a las necesidades y al contexto de cada diseño tecnológico.
- *Conocimiento problemático*, relativo a aspectos más discutibles de la actividad tecnológica, tales como los posibles impactos sociales y medioambientales de una tecnología; las dificultades que surgen en la adopción de una innovación tecnológica; los problemas relacionados con la transferencia de una tecnología a otros contextos culturales diferentes al original, etc. Cualquier innovación tecnológica tiene riesgos y cierta imprevisibilidad porque no se puede acomodar fácilmente a las estructuras y actividades pre-programadas.
- *Teoría tecnológica*, como un cuerpo de conocimientos que usa métodos experimentales sistemáticos similares a los de la ciencia, pero centrados en el diseño, construcción y comportamiento de artefactos y sistemas tecnológicos. Una teoría tecnológica implica una reflexión sobre la práctica tecnológica, por lo que puede considerarse en parte como mediadora entre esta y las teorías científicas más abstractas. Asimismo, el criterio de validez de una teoría tecnológica no es tanto que sea «verdadera» o «verosímil» sino que funcione en la práctica y sea útil, lo que supone una diferencia importante entre racionalidad científica y racionalidad tecnológica (Mitcham, 1989).
- *Pericia o experticia técnica (know-how)*, como los procedimientos y técnicas con instrumentos y máquinas acompañados de criterios pragmáticos basados en un conocimiento tácito de difícil codificación.

Ingenieros y demás tecnólogos constituyen sus propias comunidades. Al igual que sucede con las comunidades de científicos, las comunidades de tecnólogos tienen sus propios ámbitos de problemas, teorías, métodos, procedimientos y técnicas. Estos profesionales emplean elementos que se derivan del conocimiento científico, adaptados a su peculiar modo de hacer, junto a otros conocimientos tácitos de

4. La 22.^a edición del DRAE define la tecnología en su primera acepción como el «Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto».

carácter técnico, tradiciones basadas en la experiencia acumulada y prácticas empresariales relacionadas con la comercialización y el uso de sus productos y servicios.

HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA: UN RECURSO PARA APRENDER SOBRE NATURALEZA DE LA TECNOLOGÍA

La Naturaleza de la Tecnología (NDT) es un metaconocimiento sobre la tecnología que surge de las reflexiones interdisciplinarias hechas desde la filosofía, la historia y la sociología de la tecnología por expertos en estas disciplinas. El término NDT suele referirse a cuestiones sobre qué es la tecnología, cómo es su funcionamiento, cuáles son sus fundamentos epistemológicos y ontológicos, los principales rasgos del trabajo de las comunidades de tecnólogos e ingenieros como grupos sociales, y las influencias mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

Waight y Abd-El-Khalick (2011, 2012) destacan seis dimensiones fundamentales de la NDT basándose en la filosofía de la tecnología: (i) el papel de la cultura y los valores; (ii) el progreso tecnológico; (iii) la tecnología como parte de sistemas; (iv) la difusión de tecnologías; (v) la tecnología como «panacea» para solucionar problemas; y (vi) la pericia o experticia tecnológica.

Si la realidad actual es que la enseñanza de aspectos de NDT tiene poca presencia en la enseñanza de las ciencias de los diferentes niveles educativos españoles, la atención que recibe la NDT es más precaria todavía. Un enfoque histórico permite contextualizar de forma explícita la enseñanza de aspectos de NDT; por ejemplo, los aspectos relativos a la manera en que ingenieros y tecnólogos se enfrentan a su trabajo. Asimismo, sirve para ilustrar diversas cuestiones epistemológicas, ontológicas, axiológicas y sociológicas vinculadas a la comprensión de la NDT, situando el contenido de la tecnología en un contexto humano, social y cultural más amplio.

La comprensión de los estudiantes sobre la NDT se puede mejorar mediante el uso de la Historia de la Tecnología (HDT). El recurso de ejemplos históricos sobre innovaciones tecnológicas permite mostrar dimensiones notables del desarrollo de la tecnología, que contribuyen a una mejor comprensión de la NDT. Para superar ideas inadecuadas de los estudiantes sobre la NDT, es esencial que los profesores utilicen actividades de enseñanza que muestren algunos de sus aspectos explícitamente y con precisión. Una forma de hacerlo es mediante narraciones de la HDT.

El uso de la HDT también se suele justificar por el efecto beneficioso que puede tener en la participación de los estudiantes. Mediante la HDT se puede promover un enfoque explícito y reflexivo de enseñanza con el propósito de involucrar más a los estudiantes en el aprendizaje de la NDT. Asimismo, es deseable que se presenten partes escogidas de acontecimientos de HDT reales en este uso instrumental.

En la mayoría de las narraciones de HDT son necesarias descripciones detalladas para evitar una visión demasiado lineal sobre cómo se desarrolla la tecnología y cómo se producen innovaciones, así como para permitir una mejor interpretación de la HDT en su contexto. Si fuera necesario hacer simplificaciones, por ejemplo en el caso de su utilización en educación secundaria, la omisión de hechos históricos debe hacerse siempre después de un examen cuidadoso de los cambios que pudieran originar en la imagen presentada.

Respecto a las cuestiones de la NDT previstas, es preferible centrarse en algunos de sus aspectos en vez de hacer un debate general sobre NDT. Así, por ejemplo, la lectura de controversias de la HDT, individualmente o en grupos pequeños, seguida de las respuestas reflexionadas y razonadas a cuestiones de algunos aspectos de NDT, es un recurso útil para introducir la NDT. Si los estudiantes no tienen la oportunidad explícita de relacionar reflexivamente el relato de HDT con algunos aspectos de NDT, es posible que lo consideren interesante, pero probablemente no mejorarán sus concepciones de NDT.

Los profesores necesitan materiales curriculares adecuados para la implementación de un enfoque histórico destinado a lograr un aprendizaje eficaz de aspectos de NDT. En esta línea, se propone aquí la

controversia de HDT, protagonizada por Tesla y Edison, relativa al desarrollo industrial de la corriente alterna (*alternating current*, AC) frente al de la corriente continua o directa (*direct current*, DC). Este es el documento de partida de una actividad de enseñanza-aprendizaje sobre algunos aspectos de NDT, pensada, en principio, para su realización en la formación de estudiantes de profesorado de ciencias y de tecnología en educación secundaria (EPES). Asimismo, se proporcionarán algunas indicaciones respecto al material didáctico y su implementación.

El relato histórico que sigue a continuación se ha elaborado tras la consulta de varias fuentes (Arroyo, 1997; Cheney, 1981; Francescutti, 2008; Hughes, 1987, 1997; Jiménez-Domínguez, 2010), que describen e interpretan lo sucedido desde diversos puntos de vista.

LA CONTROVERSIA TESLA VS. EDISON SOBRE LAS DOS CORRIENTES ELÉCTRICAS-AC&DC⁵

El presente es suyo, el futuro es mío.
Nikola Tesla

Después de la presentación de la bombilla de Edison en 1879 y de la Exposición Mundial de París en 1881, los nuevos sistemas de iluminación eléctricos se convirtieron en uno de los logros tecnológicos más importantes del mundo. Además, la electricidad podía sustituir al vapor para hacer funcionar motores. Fue una segunda revolución industrial y, en ciudades europeas y americanas, las centrales eléctricas se multiplicaron a partir del diseño de *Pearl Street*, la central que Edison puso en marcha en Nueva York en 1882 (Figura 1). Fue la primera instalación para la producción eléctrica comercial del mundo. Aunque era una planta enorme para su época, solamente podía producir y distribuir electricidad para unos 330 habitantes de Manhattan.⁶



Fig. 1. Dibujo de la central de *Pearl Street* en Nueva York.

5. En 1973, los hermanos Malcolm y Angus Young, nacidos en Glasgow, formaron en Australia la famosa banda de rock duro AC/DC, un nombre que hace referencia a las dos corrientes eléctricas: alterna (AC) y continua o directa (DC).

6. Los clientes fueron 59 inicialmente.

Lo que sigue es una pequeña parte de la historia de la tecnología eléctrica, en la que brillaron dos hombres: Thomas Alva Edison (1847-1931)⁷ y Nikola Tesla (1856-1943).⁸

Los comienzos

Edison aspiraba a proveer de electricidad a la ciudadanía para que utilizara su bombilla eléctrica en el alumbrado público y doméstico. En 1880, patentó un sistema para generar y distribuir energía eléctrica con el fin de capitalizar su bombilla incandescente mejorada. Este sistema se basaba en la corriente continua o directa (DC).⁹

Los norteamericanos acogieron bien la idea de Edison, que ya era popular por varios inventos anteriores; pero pronto comenzaron a percatarse de los numerosos problemas e inconvenientes que presentaba. La energía eléctrica fluía en una dirección y los cables se derretían al paso de la corriente por el efecto Joule. El sistema no permitía realizar transmisiones de energía a distancias superiores a uno o dos kilómetros, por lo que se tenían que instalar numerosos generadores por la ciudad. Como tampoco se podía transformar el voltaje, se necesitaban líneas eléctricas separadas para poder suministrar energía a las industrias¹⁰ y a los hogares de forma eficaz. El resultado fue que el cielo de Nueva York quedó sembrado de gruesos cables de cobre, que daba la imagen de una urbe atrapada en una gran tela de araña (Figura 2). Lo peor era la inseguridad que ofrecía el sistema de Edison; que Nueva York tuviera semejante cableado aéreo resultaba peligroso, además de antiestético.

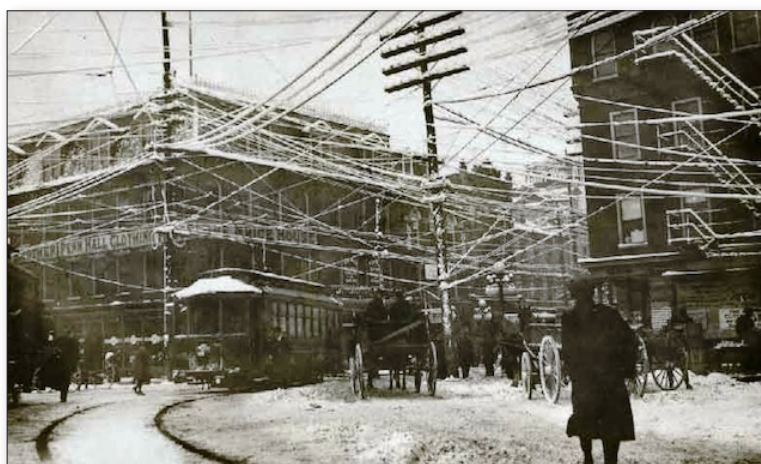


Fig. 2. Cableado aéreo sobre Nueva York en 1887.

El problema del transporte para la distribución de la energía eléctrica era de difícil solución, porque la transmisión interurbana de grandes cantidades de DC a 110 voltios era muy costosa, y sufría enormes pérdidas de energía por disipación mediante calor. En suma, el sistema DC de Edison resultaba poco adecuado para responder a las nuevas demandas de electrificación a gran escala.

7. Véanse «Thomas Edison Center at Menlo Park» <<http://www.menloparkmuseum.org/>> y la web sobre Edison <<http://www.thomasedison.com/index.html>>.

8. Véase «Tesla Memorial Society of New York Website» <<http://www.teslasociety.com/index.html>>.

9. El primer servicio de alumbrado público utilizando el mismo sistema se inició en 1883 en Roselle, Nueva Jersey.

10. La distribución de motores eléctricos industriales provocó una fuerte demanda de un voltaje diferente a los 110 V usados para la iluminación.

Tesla llegó a Nueva York en 1884 con solo 28 años y procedente de París, donde había trabajado como ingeniero dos años en la *Continental Edison Company*. Tenía experiencia con la corriente alterna (AC) y había construido su primer motor de inducción AC en 1882.¹¹ Fue contratado por Edison para la *Edison Machine and Works* por recomendación de su antiguo jefe de la filial francesa.

Entre otros trabajos, Edison le encargó que abordara los problemas que presentaba su sistema eléctrico y lo mejorase. Un año después, Tesla le comunicó a Edison que tenía una solución. Había diseñado un sistema de generación, transmisión y distribución de AC que permitía elevar el voltaje con un transformador antes de transportarse a largas distancias y, una vez en su destino, reducirlo para suministrar energía de forma segura y económica. Su fundamento se basaba en que las pérdidas de energía en la transmisión de electricidad dependían de la intensidad de la corriente que circulaba por la línea. A mayor voltaje, la intensidad de corriente necesaria para transmitir la misma potencia era menor, por tanto, se conseguía que las pérdidas de energía fueran mucho más pequeñas. A diferencia de la DC, el voltaje de la AC se podía elevar con un transformador para ser transportado largas distancias con pocas pérdidas de energía, y sin necesidad de usar cables de cobre tan gruesos. Una vez hecho el transporte, y antes de proveer energía a los clientes, el voltaje se podía reducir hasta niveles seguros. De este modo, Tesla había resuelto el problema de la distribución de energía eléctrica para su transmisión a largas distancias.

Aquella solución presentaba muchas ventajas frente a la DC, pero Edison la rechazó porque no veía bien la insistencia de Tesla en promover el desarrollo de maquinaria y equipos movidos por AC.¹² La fabricación de dispositivos relacionados con la DC (generadores, transmisores y equipos de mantenimiento) eran monopolio de Edison, y la sustitución de la DC por la AC habría resultado muy costosa para sus empresas. Viendo que sus propuestas eran mal recibidas por la política de la compañía, Tesla renunció a seguir trabajando a las órdenes de Edison.¹³

La guerra de las corrientes: AC vs. DC

Tesla recibió fondos de algunos inversores para continuar sus trabajos con la AC en el laboratorio que había montado en Manhattan. Así, la *Western Union Company* apoyó económicamente sus investigaciones sobre la generación y el transporte de AC a largas distancias. Tesla fundó su propia empresa, la *Tesla Electric Light and Manufacturing* en 1886, pero fracasó como empresario.

George Westinghouse, un rico empresario recién llegado al negocio eléctrico, fundó la *Westinghouse Electric Corporation* (WEC), en 1886, para competir con la *General Electric Company* (GEC) de Edison. En 1888, Tesla realizó una demostración de sus motores de inducción de AC con dos fases, aptos para utilizar voltajes mayores que los motores de DC, en el *American Institute of Electrical Engineers* (*Columbia College* de Nueva York). Westinghouse se interesó por este desarrollo tecnológico y Tesla se unió a él, que acabó comprándole sus patentes para dinamos, motores y transformadores de AC por 25.000 \$. Se perfilaba así una enconada competencia comercial.

La GEC, con una tecnología basada en la DC de Edison, y la WEC de Westinghouse, con una tecnología basada en la AC de Tesla, se enfrentaron en una batalla de relaciones públicas por el control del incipiente mercado de la generación y distribución de la energía eléctrica, a la que la prensa llamó «la guerra de las corrientes» (Figura 3); un duro enfrentamiento comercial para determinar cuál de los dos

11. Michael Faraday descubrió la inducción electromagnética en 1831.

12. Por entonces, Edison dijo: «Las ideas de Tesla son espléndidas, pero completamente impracticables». Años después, Edison se lamentó de no haber hecho caso a Tesla y no haber usado la AC, reconociendo que fue el mayor error que cometió jamás.

13. Parece ser que Edison le prometió a Tesla 50.000 \$ si encontraba una solución viable a los problemas de su sistema eléctrico. Cuando Tesla se lo reclamó, Edison le respondió: «Tesla, usted no entiende el sentido del humor americano».

sistemas se convertiría en la tecnología dominante. Las dos empresas se emplearon a fondo, incluido el juego sucio para desprestigiar al adversario.¹⁴



Fig. 3. La guerra de las corrientes.

El primer gran éxito de la AC fue en 1893, cuando los organizadores de la Exposición Mundial de Chicago (realizada en honor a Cristóbal Colón) adjudicaron a la WEC el contrato para su iluminación.¹⁵ El presupuesto era la mitad que el de su competidora GEC, además de que la instalación eléctrica no precisaba de la antiestética y peligrosa malla de cables de cobre que suponía la opción de la DC. Todos los generadores, transformadores, líneas de transmisión y dispositivos de la Exposición eran el resultado del ingenio de Tesla. Solo las bombillas incandescentes fueron proporcionadas por la otra parte.¹⁶

El final de la guerra de las corrientes llegó cuando la *Niagara Falls Power Company* encargó a Westinghouse la aplicación de su sistema de transmisión eléctrica, basado en la tecnología de Tesla.¹⁷ En 1893, la WEC comenzó las obras de instalación de la primera central hidroeléctrica del mundo en las cataratas del Niágara (Figura 4), capaz de llevar energía eléctrica hasta 32 km de distancia. El 16 de noviembre de 1896 se empezó a suministrar energía eléctrica desde la central a las industrias de Buffalo. Ese mismo año, la ciudad de Buffalo fue la primera de los EE. UU. iluminada con AC. Todos los componentes del nuevo sistema eléctrico se integraron en ese proyecto: la larga distancia, la transmisión con alto voltaje, los transformadores, los acopladores de distintas tensiones, los motores

14. Carteles advirtiendo a los ciudadanos de los peligros que suponía la AC, difusión de historias falsas sobre accidentes mortales producidos por la AC, electrocuciones ante la prensa de animales (incluyendo a Topsy, un elefante que había matado a tres hombres) usando un prototipo de silla eléctrica que funcionaba con AC, son algunos de los medios agresivos que Edison y su equipo emplearon en esta guerra comercial. Por su parte, los partidarios de Tesla también desarrollaron una silla eléctrica que funcionaba con DC, y el propio Tesla se expuso a una AC que atravesó su cuerpo sin causarle ningún daño.

15. Antes, la WEC y la tecnología de Tesla habían tenido dos éxitos importantes. El primero fue la firma de un contrato con Lucien Lucius Nunn para la instalación del nuevo sistema AC en las empresas mineras de Telluride (Colorado) en 1890. La planta hidroeléctrica de Ames empezó a funcionar en 1891 para suministrar energía a la *Gold King Mine*. El segundo fue la demostración del sistema de AC polifásico de Tesla en la exposición de Frankfort de 1891.

16. Tesla presentó también los primeros tubos fluorescentes de neón en el Gran Salón de la Electricidad de la Exposición de Chicago.

17. Una comisión internacional, presidida por Lord Kelvin, concedió el contrato a la WEC.

de inducción y los generadores magnéticos. En el proyecto de la *Niagara Falls Power Company* ya no se puede hablar de individuos, sino de grandes compañías que implementaron las distintas fases de su construcción. Desde entonces, la DC comenzó a reemplazarse como estándar y la AC acabaría imponiéndose en todo el mundo.¹⁸



Fig. 4. Central hidroeléctrica de las cataratas del Niágara.

Dos métodos de trabajo diferentes

Suele decirse que Edison utilizó el método de *ensayo y error* en sus experimentos con frecuencia.¹⁹ Sin embargo, reducía las posibilidades a ensayar siempre que podía, guiándose por cálculos basados en leyes conocidas de la física o de la química. Ahora bien, debe tenerse en cuenta que aunque la ciencia determine las posibilidades físicas de un artefacto o sistema tecnológico, no determina su forma final; *e.g.*, la ley de Ohm no dictaminó ni la forma ni los detalles del sistema de iluminación de Edison.

Sin duda, Edison fue un técnico con una inventiva extraordinaria, pero también un gran empresario: «[...] sus cuadernos de notas revelan que sus pensamientos iban mucho más allá de los aspectos técnicos. Trataba de forma simultánea los costes económicos, los impedimentos políticos y el conocimiento científico disponible» (Aibar, 1996: 150). En los procesos de invención y desarrollo del sistema eléctrico basado en la DC, el inventor-empresario desempeñó un papel destacado. Edison consideró globalmente su sistema, teniendo en cuenta tanto las variables tecnológicas como las organizativas y económicas.

Una de las mayores innovaciones de Edison fue la creación del primer laboratorio de investigación industrial en Menlo Park con el propósito de producir desarrollos tecnológicos e innovaciones mediante la investigación sistemática, dedicando grandes recursos económicos y humanos. En ese laboratorio, Edison integró un equipo de trabajo compuesto por profesionales hábiles, algunos con gran preparación profesional, no faltando tampoco un prestigioso abogado como consejero legal, que tenía excelentes contactos en el mundo de las finanzas y en la política.

18. Algunas ciudades siguieron utilizando el sistema de Edison hasta bien entrado el siglo xx, como Helsinki, donde estuvo operativo hasta los años 1940, o Estocolmo, hasta la década de 1960. En Nueva York, la *Consolidated Edison* continuó proporcionando energía a algunos clientes que habían adoptado el sistema de DC a comienzos del siglo xx, sobre todo hoteles que la empleaban para hacer funcionar sus ascensores. La central de Nueva York, que había fundado Edison, aún suministraba energía eléctrica a 4600 personas en enero de 1998, una cifra que se redujo a 60 clientes en 2006. La central hizo su última transmisión de DC en 2007.

19. Propiciado en parte por el propio Edison cuando decía que «el genio está compuesto de uno por ciento de inspiración y noventa y nueve por ciento de transpiración».

Con ese grupo, y apoyado financieramente por socios con grandes recursos económicos como J. P. Morgan, Edison acometió la creación de diferentes industrias que servirían para controlar los diversos componentes del sistema que tenía pensado. En 1878, fundó la *Edison Electric Light Company* para financiar su invención, las patentes, el desarrollo del sistema de iluminación eléctrica y la concesión de licencias para este. Dos años más tarde, creó su primera empresa de servicios públicos de alumbrado urbano, la *Edison Electric Illuminating Company of New York*, cuyo primer objetivo fue la construcción de una central generadora en *Pearl Street*, que entró en funcionamiento en 1882. Edison organizaría, además, varias empresas que debían suministrar los diferentes componentes de su sistema: la *Edison Machine Works* para construir dinamos, la *Edison Electric Tube Company* para fabricar conductores subterráneos y la *Edison Lamp Works*, para las bombillas incandescentes.

A diferencia de Edison, Tesla tuvo una buena formación en ingeniería eléctrica en el Politécnico de Graz y en la Universidad de esta misma ciudad (actualmente de Croacia, pero entonces de Serbia bajo el imperio austro-húngaro), aunque no pudo terminar sus estudios.

Como Edison, Tesla pasaba muchas horas buscando soluciones a los problemas que se planteaba. Inventor e innovador a tiempo completo, también se sumergía a fondo en los problemas que encaraba. Sin embargo, primero meditaba y sopesaba mucho cada detalle, dedicando tiempo a una cuidadosa planificación de lo que iba a hacer, en vez de realizar una gran cantidad de ensayos y pruebas. Además, tenía una excelente visión y memoria espacial, lo que le permitía imaginar objetos tridimensionales con mucha facilidad y recordarlos con todo detalle; así ahorra tiempo en la elaboración de esquemas y planos en papel. En las propias palabras de Tesla:

Mi método es diferente. No me apresuro en el trabajo real. Cuando tengo una idea me pongo de inmediato a construirla en mi imaginación. Puedo cambiar la construcción, hacer mejoras y operar con el dispositivo en mi mente. Es absolutamente irrelevante para mí dirigir mi turbina en mi pensamiento o probarla en mi taller. Incluso puedo observar si está desequilibrada (en Cheney, 1981: 12).

Dada su preparación, usaba las matemáticas y las teorías científicas de la época con profusión. Tesla fue un ingeniero brillante, pero no tuvo buenas dotes como empresario. Se interesó más por resolver problemas técnicos, teorizar e inventar que por poner en marcha sistemas tecnológicos completos.

RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA IMPLEMENTAR LA CONTROVERSIA

El argumento principal para emplear la controversia anterior en la formación de EPES es que, si la actividad les resulta satisfactoria, habrá más posibilidades de que la implementen luego en sus clases con las adaptaciones oportunas, aunque manteniendo la fidelidad histórica y didáctica planteada. Se proponen, ahora, unas recomendaciones metodológicas para su implementación.

Fase I: Lectura de la controversia y respuestas a las cuestiones. Puesto que el propósito es valorar las aportaciones de la controversia entre Tesla y Edison al aprendizaje de algunos aspectos de NDT, se planteará a los EPES, organizados en equipos, su lectura sin mediar enseñanza previa.²⁰ Una vez realizada esta, los equipos responderán a las cuestiones que se muestran en el cuadro 1. Las respuestas deben emanar de una discusión reflexiva y consensuada entre los miembros del equipo, y se registrarán

20. Si se considera conveniente, se les puede entregar el texto a los EPES para que lo lean en casa antes. Para asegurar su lectura, se les puede pedir un testigo de lectura en el que, por ejemplo, destaquen las ideas que les parecen centrales en el texto, o cuáles son los aprendizajes que creen que se puede conseguir en el aula con este material. Así, se dispondría de una información inicial individual, distinta de las repuestas a las cuestiones de NDT, que podría ser de interés. Esta pregunta se repetiría al final de la tercera fase y se incorporarían las respuestas en el informe final.

en un informe. Si hubiera puntos de vista divergentes, que imposibilitaran consensuar una respuesta común, se pueden expresar las distintas posiciones razonadas ante una pregunta determinada. Esta primera fase sirve para hacer explícitas las ideas sobre los aspectos de NDT planteados en las preguntas. Se estima necesario un tiempo de 2 horas aproximadamente para su desarrollo en el aula.

Cuadro 1.
Cuestiones propuestas para reflexionar a partir de la lectura

1. *¿Qué agentes sociales, individuales y colectivos, crees que intervinieron en la controversia? ¿Por qué?*
2. *¿Qué componentes crees que caracterizan mejor a la tecnología? Elabora con ellos una definición de tecnología.*
3. *¿Crees que la tecnología puede reducirse a la aplicación de la ciencia? ¿Por qué?*
4. *¿Qué elementos crees que caracterizan al conocimiento tecnológico? ¿Por qué?*
5. *¿Crees que son importantes las patentes en la tecnología? ¿Por qué?*
6. *Dos ejemplos de valores de la tecnología son la racionalidad técnica y el beneficio económico. ¿Qué otros valores crees que tiene la tecnología? ¿Por qué?*

Fase II: Puesta en común de las respuestas de los equipos a las cuestiones formuladas. Tras responder a las cuestiones relativas al texto, los equipos compartirán y discutirán sus respuestas en clase durante una sesión de 1,5 horas aproximadamente. El papel del formador en esta fase es moderar el debate entre los equipos e introducir aquellas aclaraciones, preguntas, etc. que lo enriquezcan lo más posible. La intención es que los EPES lleguen a conclusiones comunes sobre los aspectos tratados de NDT, pero sin adoctrinamiento; es decir, sin tratar de imponer las visiones que pudieran ser más adecuadas o completas. En este sentido, y ante posibles ideas de NDT que estén alejadas de las aceptadas hoy en día, se procurará generar nuevos conflictos cognitivos para que los EPES se replanteen libremente sus puntos de vista.

Cabe la posibilidad de que la moderación del debate se comparta entre el formador y un EPES. La razón es doble. Por una parte, la moderación de debates es una tarea que se supone que los EPES desempeñarán como docentes en el futuro. Por otra, permite que el formador se distancie un poco de la gestión del debate y pueda centrarse mejor en tomar notas de las intervenciones, tanto para reconducir la discusión en caso necesario como para la evaluación posterior.

Fase III: Conclusiones tras la puesta en común. Una vez que las respuestas a las cuestiones planteadas se hayan discutido en clase, cada equipo revisará sus respuestas iniciales para completar, matizar o reafirmar sus ideas y argumentos sobre los aspectos de NDT abordados. Todo ello se puede registrar en un breve informe final con las conclusiones de equipo, a continuación de las respuestas que elaboraron inicialmente.

COMENTARIOS SOBRE LOS ASPECTOS DE NDT RELATIVOS A ESTA CONTROVERSIAS

Por último, se aportan algunos comentarios respecto a las cuestiones de NDT del cuadro 1 como orientación para el formador.

¿Qué agentes sociales, individuales y colectivos crees que intervinieron en la controversia? ¿Por qué?

Los agentes sociales son la parte humana de una red de actores más amplia, que incluye también la parte que no es humana. Entre los agentes sociales de la controversia estarían Edison y Tesla, o si se prefiere la *General Electric Company* con la tecnología de Edison y la *Westinghouse Electric Corporation* con la de Tesla. También, banqueros y financieros de ambos proyectos; empresarios industriales y

comerciantes; ingenieros, tecnólogos e inventores; autoridades políticas y administradores públicos; periodistas; usuarios y ciudadanía en general.

¿Qué componentes crees que caracterizan mejor a la tecnología? Elabora con ellos una definición de tecnología.

Una forma adecuada de caracterizar la tecnología es como sistema. Este punto de vista se ve apoyado por diversas perspectivas: filosófica (e.g., Pacey, 1990; Quintanilla, 1998), histórica y sociológica (e.g., Hughes, 1987, 1997) y educativa (e.g., Criado y García-Carmona, 2011). Un sistema tecnológico es un conjunto complejo de componentes heterogéneos que se relacionan entre sí, con las personas y el medio ambiente para resolver ciertos problemas. Estos componentes incluyen: instrumentos y artefactos técnicos (e.g., turbogeneradores, transformadores y líneas de transmisión de la energía eléctrica); destrezas y habilidades (pericia técnica o *know-how*); recursos naturales y artificiales; organizaciones relacionadas con los procesos de producción (empresas industriales); financiación (entidades bancarias); control y mantenimiento (servicios públicos); conocimientos científicos (artículos, libros, enseñanza universitaria y programas de investigación); decisiones políticas, legales y administrativas (e.g., permisos de concesión y leyes reguladoras); valores y acuerdos sociales; preferencias culturales y estéticas; etc. Puesto que estos componentes están interrelacionados, si se quita alguno del sistema o si sus características cambian, los demás componentes también alterarán las suyas.

Asimismo, para comprender por qué se aceptan determinadas innovaciones tecnológicas o si sufren cierto retraso (e.g., la rápida implementación, *circa* 1890, del sistema de tecnología eléctrica en Alemania frente a su implantación más lenta en Inglaterra), es necesario considerar la tecnología como un entramado sociotecnológico en el que intervienen componentes y actores muy diversos (Hughes, 1997; Pinch y Bijker, 1984).

¿Crees que la tecnología puede reducirse a la aplicación de la ciencia? ¿Por qué?

La tecnología no es simplemente la aplicación de la ciencia (*ciencia aplicada*), como defendieron algunos filósofos de la ciencia en el pasado (e.g., Bunge, 1966), pues no se limita a tomar prestadas las ideas de la ciencia para responder a ciertas necesidades humanas y problemas sociales. La tecnología ha desarrollado sus propios métodos, y perviven en ellos algunas características de los oficios tradicionales, conocimientos tácitos y habilidades técnicas (Cardwell, 1996). En suma, la tecnología puede avanzar tanto a partir de los descubrimientos científicos como de sus propios conocimientos.

¿Qué elementos crees que caracterizan al conocimiento tecnológico? ¿Por qué?

Es importante enfatizar que los elementos del conocimiento tecnológico adquieren su pleno significado como consecuencia de la tensión existente entre el diseño tecnológico y las restricciones que imponen los contextos social y cultural (Staudenmaier, 1985). De otra forma, tanto los valores constitutivos o propios de la tecnología como los valores contextuales se manifiestan en el conocimiento tecnológico. Por tanto, sus elementos característicos deben referirse a ambos tipos de valores.

¿Crees que son importantes las patentes en la tecnología? ¿Por qué?

Un aspecto de la dimensión organizativa de la tecnología es el sistema de recompensas a los ingenieros y tecnólogos. Estos prefieren patentar antes que publicar. Además, los artículos de las revistas tecnológicas no suelen tener la misma función que los de las revistas científicas. Más bien sirven para actualizar la información tecnológica y, a menudo, justificar el contenido de los catálogos de productos y anuncios publicitarios que muestran el estado de la técnica en cada tecnología (Acevedo, 1998).

El siguiente ejemplo histórico, relativo al invento de la radio, puede servir para ilustrar brevemente el espinoso asunto de las patentes. Durante el Congreso anual de la *British Association for the Advancement of Science*, celebrado en Oxford en 1894, Oliver Lodge presentó un dispositivo para transmitir ondas hercianas con un alcance corto de algo más de cincuenta metros. Este físico británico creía que

el conocimiento científico debía ser de dominio público; estaba muy preocupado por las restricciones que suponía el uso de patentes, y era contrario a ellas. Posteriormente, en 1897, Lodge acabó por patentar sus investigaciones sobre este tema en contra de sus propias convicciones, llegando incluso a establecer un acuerdo comercial con una empresa para fabricar un equipo de radio que había diseñado (Basalla, 1988). Sin embargo, un año antes, el joven Guglielmo Marconi había tomado la iniciativa en este asunto, obteniendo la primera patente en todo el mundo para la radiotelegrafía (García-Carmona, 2001). En 1909, Marconi, inventor y empresario, compartió el premio Nobel con el físico alemán Karl Ferdinand Braun por sus contribuciones a las comunicaciones por radio. Lodge, precursor de esta técnica, no lo consiguió (Acevedo, 1997). Ahora bien, la paternidad de la radio se atribuye también a otros inventores, tales como Nikola Tesla (reconocida en EE. UU.), del que Marconi llegó a usar catorce patentes suyas para realizar su invento, y el físico ruso Aleksandr Stepánovich Popov.

El propósito principal de las empresas para justificar la creación y financiación de laboratorios de investigación industrial y tecnológica es que los desarrollos que puedan conseguirse permitan la obtención de patentes. Estas darán lugar a nuevos procesos de fabricación y productos comerciales mejores y, quizás, más baratos que los anteriores, lo que proporcionará más beneficios económicos (Acevedo, 1998). Sin embargo, un laboratorio industrial también puede generar patentes no destinadas a convertirse en productos comerciales o mejoras de los procesos de fabricación, sino que se utilizarán para protegerse de la amenaza potencial de otros competidores y empresas rivales. De este modo, un laboratorio industrial puede contribuir a moderar el ritmo de aparición de novedades tecnológicas en un determinado sector comercial, y conservar así durante algún tiempo la hegemonía adquirida (Basalla, 1988).

Dos ejemplos de valores de la tecnología son la racionalidad técnica y el beneficio económico. ¿Qué otros valores crees que tiene la tecnología? ¿Por qué?

Como se ha mencionado antes, la tecnología tiene valores constitutivos o propios (*e.g.*, racionalidad técnica, pericia, eficiencia, estética, economía...) y contextuales (*e.g.*, razones de beneficio económico, bienestar social, prestigio nacional o industrial, poder político, militar o empresarial...), que suelen aparecer mezclados en la actividad tecnológica, siendo difícil su separación. Ambos tipos de valores están presentes en las innovaciones tecnológicas y subyacen en la elección de los problemas abordados, el diseño tecnológico y los criterios usados para evaluar los resultados de la tecnología elegida. Unos y otros valores se transmiten en la transferencia de una tecnología, de modo que pueden entrar en conflicto con los valores contextuales de la sociedad receptora. Así pues, la transferencia tecnológica pone de manifiesto la relevancia del contexto. A medida que las tecnologías se convierten en parte integrante de otros sistemas culturales, políticos, económicos, etc., pueden llegar a asumir papeles diferentes. Hughes (1997) ha ilustrado esto con precisión en los casos de la transferencia de la tecnología DC de Edison a Inglaterra y Alemania (Arroyo, 1997). Asimismo, si una tecnología se desfaza o se abandona es porque sus valores están en desacuerdo con los valores sociales dominantes (Acevedo, 1998).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J.A. (1997). ¿Publicar o patentar? Hacia una ciencia cada vez más ligada a la tecnología. *Revista Española de Física*, 11(2), 8-11.
- (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420.
- ACEVEDO, J.A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219.
- (2010). ¿Qué puede aportar la Historia de la Tecnología a la educación CTS? *Praxis Pedagógica*, 11, 32-39.

- AIBAR, E. (1996). La vida social de las máquinas: orígenes desarrollo y perspectivas actuales en la Sociología de la Tecnología. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 76, 141-170.
<http://dx.doi.org/10.2307/40183990>
- ARROYO, M. (1997). Hughes, Thomas Parker. Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930. *Biblio 3W. Revista bibliográfica de Ciencias Sociales*, 44.
- BASALLA, G. (1991). *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Crítica.
- BUNGE, M. (1966). Technology as applied science. *Technology and Culture*, 7(3), 329-347.
<http://dx.doi.org/10.2307/3101932>
- CARDWELL, D. (1996). *Historia de la Tecnología*. Madrid: Alianza.
- CHENEY, M. (1981). *Tesla: Man out of Time*. New York, NY: Prentice Hall.
- CRiado, A.M. y GARCÍA-CARMONA, A. (2011). *Investigando las máquinas y artefactos*. Sevilla: Díada.
- DE VRIES, M.J. (1996). Technology Education: Beyond the «Technology is Applied Science» Paradigm. *Journal of Technology Education*, 8(1), 7-15.
- ECHEVERRÍA, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- FLEMING, R.W. (1989). Literacy for a technological age. *Science Education*, 73(4), 391-404.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730730402>
- FRANCESCUTTI, P. (2008). La guerra de las corrientes: Tesla frente a Edison. *Entrelíneas*, 7, 55-59.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2001). Centenario de la primera transmisión de una señal de radio entre Europa y América (1901-2001). *Revista Española de Física*, 15(5), 52-53.
- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A.M. (2011). Física de semiconductores en la enseñanza básica de la electrónica: primeros pasos de un proceso de transposición didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 89-100.
- GARDNER, P.L. (1997). The roots of technology and science: a philosophical and historical view. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1-2), 13-20.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1008892400827>
- GILBERT, J.K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24.
- HUGHES, T.P. (1987). The Evolution of Large Technological Systems. En W. E. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New directions in the Sociology and History of Technology* (pp. 51-82). Cambridge, MA: MIT Press.
- HUGHES, T.P. (1997, 3rd ed.). *Networks of Power: Electric supply systems in the US, England and Germany, 1880-1930*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- KLINE, S.J. (1985). What is technology? *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 5(3), 215-218.
<http://dx.doi.org/10.1177/027046768500500301>
- JIMÉNEZ-DOMÍNGUEZ, R.V. (2010). El método en la tecnología: Edison y Tesla, dos estilos contrastantes de aproximación a la inventiva. *Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación*, 2(1), 2-17.
- MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos.
- OSORIO, C. (2002). Enfoques sobre la tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2.
- PACEY, A. (1990). *La cultura de la Tecnología*. México DF: FCE.
- PINCH, T. J. y BIJKER, W. E. (1984). The social construction of facts and artifacts: or how the Sociology of Science and Sociology of Technology might benefit each other. *Social Studies of Science*, 14(3), 399-441.
<http://dx.doi.org/10.1177/030631284014003004>
- PRICE, D.J. DE SOLLA (1980). Ciencia y Tecnología. Distinciones e interrelaciones. En R. Barnes (Ed.), *Estudios sobre sociología de la ciencia* (pp. 163-177). Madrid: Alianza.

- QUINTANILLA, M.A. (1998). Técnica y cultura. *Teorema*, 27(3), 49-69.
- RICHARDS, S. (1987). *Filosofía y Sociología de la Ciencia*. México DF: Siglo XXI.
- SÁNCHEZ-RON, J.M. (1992). *El poder de la ciencia*. Madrid: Alianza.
- SÁNCHEZ-RON, J.M. (2004). Imagen pública e intereses privados. En F. J. Rubia, I. Fuentes y S. Casado (Coord.), *Percepción social de la ciencia* (pp. 97-113). Madrid: Academia Europea de Ciencias y Artes (AECYA)/UNED Ediciones.
- SANMARTÍN, J. (1990). La ciencia descubre. La industria aplica. El hombre se conforma. Imperativo tecnológico y diseño social. En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp. 168-180). Barcelona: Anthropos.
- STAUDENMAIER, J.M. (1985). *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*. Cambridge, MA: MIT Press.
- WRIGHT, N. y ABD-EL-KHALICK, F. (2011). From scientific practice to high school science classrooms: Transfer of scientific technologies and realizations of authentic inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 37-70.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20393>
- WRIGHT, N. y ABD-EL-KHALICK, F. (2012). Nature of Technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875-2905.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.698763>
- ZIMAN, J. (1980). *La fuerza del conocimiento. La dimensión científica de la sociedad*. Madrid: Alianza.
- ZIMAN, J. (1986). *Introducción al estudio de las ciencias. Los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Ariel.
- ZIMAN, J. (2003). *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press.

The story of a controversy in the History of Technology for learning about the Nature of Technology: Tesla vs. Edison-The War of the Currents

José Antonio Acevedo Díaz
Inspector de Educación jubilado, Huelva, España
ja_acevedo@vodafone.es

Antonio García-Carmona
Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla, España
garcia-carmona@us.es

The purpose of this article is to present a text about the history of technology designed for use as curricular material when the didactics of the nature of technology is being addressed in secondary school teacher education. The subject is the controversy between Tesla and Edison known as «The War of the Currents». The approach taken is explicit and reflective.

The introduction briefly describes the complex relationship between science and technology and the information flows that connect the two. While science generates technology, the converse is also true, so their relationship is reciprocal and synergistic. Then, drawing on the views expressed by various authors in the literature, it is argued in the next section that the difficulty in conceptualizing technology and technological knowledge is due to technology's complex and multifaceted nature. A systemic perspective is taken as providing a fuller picture of technology. With its focus on the nature of technology, this section is the key underpinning the proposed methodological approach. An argument is then made for taking a historical approach, with the appropriate didactic treatment, to allow a better understanding of the nature of technology. Likewise, the importance of having adequate curricular materials available to attain this educational goal is emphasised.

The following pages present a historical account of the controversy between Tesla and Edison on the industrial development of alternating current versus direct current. The text was written on the basis of various literature sources that describe and interpret the events from different standpoints. Now, however, the story is told with a view to its educational use. In particular, the historical controversy is presented as a teaching-learning activity on some aspects of the nature of technology. It is directed in principle at the teacher education courses for secondary school science and technology teachers. Some methodological indications are suggested for the activity's implementation in class: (i) in small groups, the students read about the controversy and respond to the questions that are proposed on the nature of technology; (ii) then, with the educator as moderator, the groups present their responses to the whole class; and (iii) the groups revise their initial responses in light of the whole-class discussion.

The questions about the nature of technology proposed, all of them related to the text of the historical controversy, require particular mention in this summary. Three of them relate to specific issues: the components that characterize technology systemically, the characteristics of technological knowledge that differentiate it from scientific knowledge, and the interrelationships between science and technology at a non-hierarchical level. Other questions refer to both epistemic and non-epistemic aspects, especially to the constitutive and contextual values of technology. The questions are accompanied by useful comments and guidelines for the educator. Although not exhaustive in their coverage of the topic of the nature of technology, they are all pertinent to its better understanding.

