

LA NATURALEZA DE LA TECNOLOGÍA Y SUS VÍNCULOS CON LA CIENCIA: UNA PERSPECTIVA REALISTA Y ANALÓGICA

*THE NATURE OF TECHNOLOGY AND ITS LINKS TO SCIENCE:
A REALIST AND ANALOGICAL PERSPECTIVE*

DAIAN TATIANA FLÓREZ QUINTERO*

Universidad de Caldas, Universidad Nacional de Colombia. dtflorez@ucaldas.edu.co

CARLOS EMILIO GARCÍA DUQUE**

Universidad de Caldas, Universidad de Manizales. carlos.garcia_d@ucaldas.edu.co

RECIBIDO EL 30 DE NOVIEMBRE DE 2016, APROBADO EL 17 DE MARZO DE 2017

RESUMEN ABSTRACT

La naturaleza de las relaciones entre ciencia pura y ciencia aplicada (o tecnología) ha sido objeto de controversia desde antiguo. En los trabajos recientes sobre filosofía de la tecnología se destacan aquellas perspectivas que se basan en la aparente independencia entre ciencia y ciencia aplicada y entre ésta y la tecnología para rechazar cualquier intento de vincular epistémica o pragmáticamente ambas áreas. En este artículo examinamos críticamente los argumentos de Feibleman a favor de una radical diferencia entre ciencia aplicada y tecnología y justipreciamos el alcance de sus ejemplos y contraejemplos. Desde una perspectiva realista, falibilista y analógica mostramos que Feibleman no logra sacar adelante su tesis y que, por el contrario, hay muchas más buenas razones para defender la identificación entre ciencia aplicada y tecnología sin que las múltiples instancias de realizaciones tecnológicas concretas que preceden a la formulación de las teorías correspondientes que las respaldan o explican logren desvirtuar tal identificación.


The nature of the relationship between pure science and applied science (*i.e.* technology) has been the subject of recurring controversy since ancient times. In the recent work on Philosophy of Technology, those perspectives which build on some alleged independency between science and applied science and the latter and technology to reject any attempt at relating epistemically or pragmatically both areas are prominent. In this paper, we critically examine Feibleman's arguments to establish a sharp difference between pure and applied science and evaluate the import of his examples and counterexamples. From a realist, fallibilist and analogical perspective, we show that Feibleman does not succeed in proving his thesis and that, on the contrary, there are many more good reasons to defend the existence of a strong tie between applied science and technology despite the fact that there are many instances of concrete technological achievements which preceded the formulation of the corresponding theories that explain or support those realizations.


PALABRAS CLAVE

ciencia pura, ciencia aplicada, tecnología, realismo, argumento por analogía, Popper, falibilismo.

KEY WORDS

pure science, applied science, technology, realism, argument by analogy, Popper, fallibilism.

*  orcid.org/0000-0002-9371-1850

**  orcid.org/0000-0002-9248-8095



Introducción

Como puede verse en la floreciente filosofía de la tecnología, humanistas e ingenieros por igual han dirigido sus esfuerzos a determinar la naturaleza de la tecnología y a establecer sus relaciones con la ciencia y la ciencia aplicada¹. Si bien parece innegable que ciencia, ciencia aplicada y tecnología pertenecen a la misma familia pragmática y epistémica, y por ende que hay una estrecha relación entre ellas, aun no disponemos de una caracterización no controversial del tipo de relación que se da entre estas áreas ni de una definición funcional y universalmente aceptada de “tecnología”. Hay posiciones que identifican la tecnología con un caso particular o límite de la ciencia, cuya diferencia esencial con respecto a ésta proviene de aspectos como los niveles de generalidad o la aplicabilidad de sus soluciones (García, 1991); también hay quienes ven la tecnología como una ciencia aplicada (Bunge, 1966)² y en esa medida ubican su campo de acción en el terreno de los desarrollos prácticos inmediatos, pero como ocurre en este tipo de discusiones, no faltan las voces disonantes. Por ejemplo, James K. Feibleman ha planteado que cualquier intento de identificar la tecnología con la ciencia aplicada está mal concebido, y se destaca como uno de los filósofos de la tecnología

¹ Uno de los aportes más recientes y que agrupa un número abigarrado de definiciones del concepto de “tecnología” es el ensayo de Richard Li-Hua. Allí, Li-Hua menciona la definición que ofrecen Dean y Le Master (1995) quienes concuerdan en que la tecnología es “la información específica concerniente a las características y realización de propiedades de procesos de producción y diseño de un producto”. Contractor y Sagafi-Nejad (1981) describen la tecnología simplemente como “un haz de información, derechos y servicios”. Maskus (2004) define la tecnología en términos de “la información necesaria para lograr cierta producción que resulta de un medio particular mediante la combinación o procesamiento de inputs seleccionados”. Para completar estas opiniones, Karatsu (1990) considera que la tecnología es la combinación de la comprensión humana de las leyes de la naturaleza y de los fenómenos acumulados desde tiempos antiguos para hacer que las cosas se ajusten a nuestras necesidades y deseos o para desempeñar ciertas funciones. En esa misma dirección, Miles (1995) define la tecnología como el conjunto de medios por los cuales aplicamos nuestra comprensión del mundo natural a la solución de problemas prácticos. Para el propio Li-Hua la tecnología involucra cuatro elementos interrelacionados: la técnica, el conocimiento, la organización de la producción y el producto. Cf. Li-Hua, R. *Definitions of Technology*. En: A companion to the Philosophy of Technology. Jan Kyrre Berg Olsen Friis (et. al). Wiley Blackwell. USA, 2013.

² La posición de Bunge en su texto “Tecnología y Filosofía” no se compromete con la identificación de la tecnología con ciencia aplicada. Todo lo que demanda es que el cuerpo de conocimiento sea compatible con la ciencia coetánea, aunque solo comparta con ella el método científico. (Cf. Bunge. *Tecnología y Filosofía*. En: *Epistemología*. Editorial Ariel: España, 1980, p. 207)

que rechaza enfáticamente la posibilidad de vincular estas dos áreas³. En su lugar Feibleman mantiene que la distinción entre *ciencia pura*, *ciencia aplicada* y *tecnología* está bien motivada, en razón de que mientras la formulación de principios en la ciencia pura es una condición necesaria para el desarrollo de la ciencia aplicada, la tecnología, tal y como lo demuestra la evidencia histórica, ha progresado (y puede seguir haciéndolo) sin el beneficio ni la dependencia de la ciencia teórica (Feibleman, 1983: 36)

Sin embargo, esta línea argumentativa no parece satisfactoria y para presentar los distintos reparos que se le pueden formular es posible recurrir a una defensa realista de los principios requeridos en el desarrollo tecnológico junto con un argumento por analogía con base en el cual es dable concluir que, así como para argumentar correctamente no se requiere un *conocimiento explícito* de los principios de la lógica, de igual modo para el diseño de artefactos o el desarrollo de soluciones prácticas concretas no es necesario reconocer (ni mencionar) explícitamente los principios científicos involucrados en los correspondientes diseños tecnológicos.

¿Está bien motivada la distinción entre ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología?

En su ensayo *Pure Science, Applied Science, and Technology: An Attempt at Definitions* James Feibleman sostiene la tesis de que es necesario distinguir nítidamente entre ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología. Esta tesis controvierte la ampliamente aceptada identificación entre tecnología y ciencia aplicada y, de contera, su conexión con la ciencia. En apoyo de las distinciones conceptuales que plantea, Feibleman establece algunas diferencias sustantivas entre ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología en las cuales se basa para motivar su posición.

Para defender la tesis de que hay diferencias entre estos tres dominios, Feibleman parte del hecho de que la ciencia sirve a dos propósitos humanos independientes: *saber* y *hacer*. La diferencia entre estos propósitos apoyaría *prima facie* la distinción entre *ciencia pura* y *ciencia aplicada*. La *ciencia pura* o *investigación básica* es un método para

³ Pero no es el único, Henryk Skolimowski también mantiene esta tesis en su (1966) *The Structure of Thinking in Technology*. En: *Philosophy and Technology: Readings in the philosophical problems of technology*. Carl Mitcham and Robert Mackey (ed). The Free press, New York, 1983. I.C. Jarvie también lo sigue en esta apreciación en su: *The Social character of technological problems: Comments on Skolimowski's paper*. En: *Philosophy and Technology: Readings in the philosophical problems of technology*. Carl Mitcham and Robert Mackey (ed). The Free press, New York, 1983.

desentrañar aspectos como la estructura íntima de la naturaleza y sirve al fin general de satisfacer nuestra natural curiosidad sobre el mundo exterior mediante la formulación de teorías que apoyan formas deflacionarias de conocimiento. La *ciencia aplicada* es, por contraste, el uso de la ciencia pura para algún propósito humano práctico. (1983:33)

De acuerdo con la caracterización anterior, el elemento distintivo entre ciencia pura y ciencia aplicada radica en sus objetivos. En el examen de otras cualidades, ambos tipos de ciencia exhiben características muy similares. Según Feibleman, tanto la ciencia pura como la ciencia aplicada hacen uso del método científico. Puesto que el método científico tiene más de un fin (*la descripción, la explicación, la predicción y la aplicación*) esta disparidad de objetivos permite esclarecer la diferencia de propósitos entre ciencia pura y ciencia aplicada. Ahora, como una adecuada explicación en el dominio de la ciencia pura conduce eventualmente al descubrimiento de leyes, la ciencia aplicada no es otra cosa que la aplicación de dichas leyes. Dicho en otras palabras, “la ciencia aplicada es simplemente: ciencia pura aplicada” (1983:33) o lo que es lo mismo, una condición necesaria para que haya ciencia aplicada es la formulación explícita de los principios y leyes de los cuales este dominio de la ciencia es su aplicación.

La tecnología, por contraste, ha progresado –según Feibleman– “sin el beneficio de la ciencia” (1983:36), de donde se sigue que la ciencia pura no es una condición necesaria para el progreso tecnológico. Todo lo contrario:

La tecnología comenzó como un intento por satisfacer necesidades prácticas sin el uso de la ciencia. Su desarrollo se dio empíricamente o por accidente o por la experiencia común. (1983:33)

Para desarrollar este planteamiento, Feibleman recurre al siguiente caso histórico: el uso de ciertas sustancias en la práctica médica, como por ejemplo la efedrina, la cocaína, la quinina, que antecedió al desarrollo mismo de la bioquímica como una disciplina científica consolidada. (Cf. Feibleman, 1983: 36)

Mediante este y otros ejemplos similares, Feibleman deriva *prima facie* tres diferencias sustantivas entre tecnología, ciencia pura y ciencia aplicada. La primera diferencia estriba en que, mientras no puede haber ciencia aplicada sin ciencia pura, “sí puede haber tecnología sin ciencia;

de hecho, durante milenios ha sido así” (Cf. Feibleman, 1983: 33). La segunda diferencia radica en que el método que explicaría el singular progreso de la tecnología, a diferencia del empleado en la ciencia pura y en la ciencia aplicada, es el método de ensayo y error (Cf. Feibleman, 1983: 36). La tercera diferencia consiste en que, mientras el fin de la ciencia pura es aumentar nuestra comprensión sobre la estructura de la naturaleza y el de la ciencia aplicada controlarla; el fin ideal de la tecnología es, por contraste, la eficiencia (Feibleman, 1983: 37).

Resulta claro que las diferencias conceptuales que Feibleman sugiere son muy provocadoras y que las relaciones que explora entre estos dominios podrían resultar iluminadoras tanto para el filósofo como para el ingeniero. Sin embargo, la distinción que hay en la base de la relación entre *ciencia aplicada y tecnología* resulta muy problemática, por las razones que veremos a continuación. Nuestros argumentos muestran que la particular distinción entre ciencia aplicada y tecnología que introduce Feibleman no sólo no está bien motivada, sino que parece espúrea. Estos argumentos además nos autorizan a considerar la tecnología como ciencia aplicada, sin mayores dificultades.

Defensa realista de los principios que operan en los diseños tecnológicos:

El realismo es una posición filosófica sobre la naturaleza de los vínculos entre nuestras teorías y la realidad que involucra una amplia variedad de compromisos metafísicos⁴. Entre ellos, el compromiso de que los principios científicos o leyes, operan en el mundo aun cuando no dispongamos de formulaciones completas y articuladas de dichos principios o leyes, o desconozcamos los singulares mecanismos causales que ciertas leyes –aún por descubrir– instancian. Esta *dimensión de independencia* –como la denomina Michael Devitt (2010)– compromete al realista *inter alia* con la tesis de que las relaciones causales que conectan determinados sucesos se dan con independencia de nuestras mentes, nuestras capacidades cognitivas, nuestros estados mentales, o la capacidad de nuestras teorías para descubrirlas. Dicho en otras palabras, las conexiones causales entre determinados sucesos operan aun cuando las ignoremos por completo.

Como se verá, el compromiso realista resulta crucial para la tesis que queremos defender en este artículo, a saber, que la tecnología no es otra

⁴ El análisis de algunos de estos compromisos se trata con más detalle en: Flórez, (2012) ¿Exige el realismo científico un compromiso con la teoría correspondentista de la verdad? Revista *Praxis Filosófica*. Universidad del Valle. No 34 enero-junio

cosa que ciencia aplicada. El hecho de que la historia de la tecnología parezca señalar en otra dirección, no debería constituir motivo de preocupación si nuestros argumentos son sólidos. Más claro aún, el hecho de que la evidencia histórica disponible nos muestre casos a partir de los cuales se puede inferir que la tecnología parece ir un paso adelante de la ciencia pura no debe resultar problemático, si admitimos que los principios de la ciencia operan tanto en el diseño⁵ como en sus resultados, *i.e.*, en los artefactos, aun cuando no siempre dispongamos de una formulación explícita de dichos principios.

De acuerdo con las características distintivas arriba indicadas, la diferencia sustancial entre ciencia aplicada y tecnología estriba en que ésta última ha progresado sin el beneficio de la ciencia, mientras que una *conditio sine qua non* para que haya ciencia aplicada es el desarrollo de la ciencia pura. Como ya se mencionó, Feibleman desarrolla sus tesis recurriendo a ciertos ejemplos notables. Como se sabe, históricamente se registra el uso de bioquímicos en la medicina, muchos siglos antes del desarrollo sistemático de la bioquímica como ciencia. Pero este no es el único caso histórico que apoya las pretensiones de Feibleman. Para mostrar que es la tecnología la que ayuda a descubrir principios abstractos, Feibleman recurre al caso de la máquina de vapor cuyo diseño y fabricación precedió en más de medio siglo a la teoría que explica su funcionamiento. Según Feibleman: “Carnot descubrió la ciencia pura de la termodinámica como resultado de sus esfuerzos por mejorar la eficiencia del vapor” (1983:39)

Ahora bien, de acuerdo con esta discusión, es claro que la definición de tecnología como ciencia aplicada no resulta completamente satisfactoria debido al hecho de que a la luz de dicha definición se demanda como condición *sine qua non* para diseñar, la formulación explícita de principios científicos medianamente sofisticados, de los cuales los diseños serían una genuina aplicación. Como la historia de la tecnología parece contar con numerosos casos en los que ha sido posible diseñar diversos artefactos sin que se disponga de teorías científicas articuladas que los respalden, ello apoya el rechazo de la identificación de la tecnología con la ciencia aplicada. Así piensa Henryk Skolimowski quien ofrece

⁵ De acuerdo con la *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) un diseño es “el proceso de crear un sistema, un componente o proceso para satisfacer una necesidad deseada. Es un proceso de toma de decisión (usualmente iterativo), en el que la ciencia básica, las matemáticas y las ciencias ingenieriles son aplicadas para convertir los recursos de manera óptima para el cumplimiento de un objetivo establecido”. Cf. Kroes, Peter. *Engineering Design*. En: *A companion to the Philosophy of Technology*. Jan Kyrre Berg Olsen Friis (et.al). Wiley Blackwell. USA, 2013.

dos contraejemplos que provienen de la ingeniería electrónica y la ingeniería espacial (1966) para ilustrar que fue la invención de ciertos artefactos lo que impulsó la investigación científica en ciertos dominios. En desarrollo del primer contraejemplo, Skolimowski mantiene que el diseño del transistor fue lo que hizo posible que se investigaran muchas de las propiedades y leyes que gobiernan el comportamiento de los semiconductores. En desarrollo del segundo, sostiene que el problema de la fatiga metálica y muchos otros fenómenos concernientes al comportamiento de los sólidos en el espacio nunca habrían sido investigados de no ser por la construcción de aviones supersónicos y cohetes⁶.

Pero no es necesario rehusarse a aceptar estos casos históricos ni lo que parecen probar sobre la historia de la tecnología y su supuesta independencia respecto de la ciencia, para apartarse por completo de los planteamientos de Feibleman o Skolimowski. Podemos admitir que, en efecto, fueron la fabricación de la máquina de vapor, el transistor o los aviones supersónicos los desarrollos que favorecieron la formulación de las leyes de la termodinámica, el estudio sistemático del comportamiento de los semiconductores o de los sólidos en el espacio, respectivamente. Aun aceptando que así ocurrió, estos casos solo servirían para apoyar la tesis de que la tecnología no es ciencia aplicada si se contrasta ésta con una *formulación fuerte*. La tesis que identifica la tecnología con la ciencia aplicada tiene una *formulación fuerte* si plantea que sin la formulación explícita, articulada y sistemática de estos principios no es posible ni diseñar ni inventar artefactos. En defensa de esta *formulación fuerte* se sugiere que para poder conceder que la tecnología es ciencia aplicada, James Watt debía disponer de los principios formulados explícitamente por Carnot para inventar la máquina de vapor. Dado que Watt la pudo inventar mucho antes de que se formulara la termodinámica, tendríamos que inferir que la identificación entre tecnología y ciencia aplicada es equivocada.

Sin embargo, este razonamiento es defectuoso por varias razones. La primera de ellas es que se trataría de un razonamiento comparable a aquél en el que se alegara que solo es posible argumentar correctamente si se dispone explícitamente de los principios y técnicas que orientan dicha actividad. De suerte que un filósofo como Platón no podía haber

⁶ Cf. Skolimowski, H. (1966) *The Structure of Thinking in Technology*. In: Philosophy and Technology: Readings in the philosophical problems of technology. (eds) Carl Mitcham and Robert Mackey. London: The Free Press.

ofrecido una prueba por *Reductio ad Absurdum* hasta que esta técnica no hubiera sido explícitamente examinada y formulada por Aristóteles (su discípulo aventajado) como *reductio to the impossible* en sus *Prior Analytics*. No obstante, sabemos muy bien que los *Diálogos* de Platón contienen algunas de las pruebas por *Reductio* más recordadas de la filosofía griega. (Cf. *Teeteto*).

Por otra parte, el método del ensayo y el error no es exclusivo de la tecnología, como sostiene Feibleman. Para autores como Popper, hace parte integral de todos nuestros esfuerzos por conocer el mundo y criticar o examinar racionalmente nuestras teorías (científicas o no). Y no sólo porque la ciencia progresa mediante el uso incesante y recursivo de un método que consiste en proponer soluciones tentativas, someterlas a prueba y corregirlas según los resultados de los tests, sino porque nuestros esfuerzos por producir las mejores teorías racionales posibles y nuestras decisiones de retenerlas o abandonarlas como resultado de su examen crítico descansan sobre su aplicación. De hecho, algunos popperianos notables consideran que la única manera de aprender pasa por la corrección de nuestros errores (Miller, 2007) y es claro que hay una relación de toma y daca entre la ciencia pura (o teórica) y sus distintas aplicaciones prácticas. Apelar a los contraejemplos arriba mencionados no modifica la situación, pues no es difícil mostrar que si bien es posible producir instancias rudimentarias (o prototípicas) de esta clase de realizaciones sin un conocimiento adecuado de la teoría correspondiente, su explicación satisfactoria siempre depende de alguna teoría desarrollada. Cuán acertadas, precisas o robustas sean dichas teorías, o qué tan probable resulta que desarrollemos una realización tecnológica para luego descubrir que se puede explicar mejor o perfeccionar con ayuda de una teoría posterior que saca a la luz aspectos del problema no percibidos total o correctamente antes, no constituye un argumento a favor de independencia de la tecnología con relación a la ciencia.⁷

Por estas razones, en lugar de suscribir una versión fuerte de la tesis que identifica la tecnología con ciencia aplicada, resulta más sensato suscribir una *versión deflacionaria*. De acuerdo con esta versión, si bien es cierto que los principios o leyes de la ciencia son condiciones necesarias para los diseños tecnológicos, no es necesario que, para todo caso de solución práctica de un problema, los principios o teorías que la respaldan

⁷ Ver García, Carlos. *Popper's Theory of Science. An apology*. London: Continuum, 2006.

deban haber sido formulados previa y explícitamente. De manera que, para muchos fines prácticos, cuando el ingeniero inventa no tiene que conocer ni disponer explícitamente de todas las relaciones causales que operarían en sus diseños y artefactos. De hecho, podemos hacer uso de leyes y principios científicos que desconocemos o no hemos formulado satisfactoriamente para diversos fines prácticos como lo ejemplifica bellamente la medicina tradicional no científica. Estos argumentos permiten inferir que en el diseño de muchos artefactos y en su fabricación misma operarían dichas leyes por lo cual las objeciones que descansan en la falta de respaldo epistémico de ciertos desarrollos tecnológicos no se sostienen. Así, en casos de transformación de la energía térmica en energía mecánica, tal y como ocurre en el motor de combustión externa (la máquina de vapor), opera la ley de la termodinámica que establece que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma (o se transfiere de un objeto de otro), por lo que no hay razón para preocuparnos por el hecho de que en el proceso de su invención y diseño Watt no dispusiera de la teoría que formula explícitamente dichas leyes.

Pero hay argumentos adicionales que muestran cómo una versión deflacionaria de la tesis que identifica la tecnología con la ciencia aplicada es filosóficamente más promisoria que las versiones más fuertes. Se trata de un argumento por analogía que parte de la consideración de que diseñar es una actividad. Este tipo de conocimiento como actividad, o *saber como*, por sí solo, no alcanza a configurar una condición suficiente para que el ingeniero sepa qué leyes de la ciencia está aplicando en su diseño. Puede ocurrir que aquellos más orientados a los fines prácticos y, por consiguiente, a la solución de problemas concretos mediante dispositivos tecnológicos recurran con más frecuencia al *know how* que al conocimiento incorporado en las teorías. Por supuesto que hay excepciones en el desarrollo de la tecnología moderna. En nuestros días resulta improbable que en las investigaciones en diversos dominios de la ingeniería se pueda prescindir de conocimiento científico explícitamente formulado. Pensemos, por ejemplo, en la investigación en el campo de la ingeniería agronómica sin las leyes de la genética⁸. Con todo, para poder lidiar con los contraejemplos más comunes que se ofrecen en la literatura en los cuales se recurre a casos provenientes tanto de estadios primitivos del desarrollo tecnológico (*e.g.*, el uso de bioquímicos en la medicina), como a aquellos que corresponden propiamente a la

⁸ Este es un ejemplo sugerido por Bunge. De acuerdo con él, “no incluiríamos en la tecnología actual una agronomía que prescindiese de la genética y de la teoría de la evolución”. Bunge, M. Tecnología y Filosofía. En: Epistemología. Editorial Ariel: España, 1980, p. 207.

tecnología moderna (*e.g.*, tecnologías maduras como la que respalda el diseño del transistor o de aviones supersónicos) la línea argumentativa sugerida a continuación debe funcionar igualmente bien.⁹

Argumento por analogía

Hay dos tipos de saberes vinculados a una actividad: saber realizar exitosamente dicha actividad y saber en qué consiste realizar correctamente dicha actividad¹⁰. Para el caso del lenguaje y la argumentación, la primera clase de saber comprende distintos tipos de actividades, entre las cuales se encuentran proferir oraciones gramaticalmente correctas y producir buenos argumentos. Los saberes que se ocupan de establecer en qué consiste proferir oraciones gramaticalmente correctas y argumentar bien son la gramática y la lógica, respectivamente.

Hablar bien una lengua natural o proferir oraciones gramaticalmente correctas, *no es una condición suficiente* para saber en qué consiste hablar correctamente. Es claro que se puede hablar bien sin que ello implique que se disponga del conocimiento explícito y detallado de *las reglas gramaticales* que gobiernan el uso de una lengua. Sin embargo, podemos conceder sin controversia alguna que quien habla bien una lengua natural o quien profiere oraciones gramaticalmente correctas está aplicando las reglas sintácticas que gobiernan dicha lengua natural, así las ignore. Algo parecido ocurre con el segundo caso propuesto; a saber, con la actividad de argumentar.

Así como hablar bien una lengua no es una condición suficiente del conocimiento de las reglas de la gramática, producir buenos argumentos (válidos, sólidos, pertinentes) *no es una condición suficiente* para saber en qué consiste argumentar correctamente. Esta es una capacidad que necesita el conocimiento de los principios de la lógica, un mínimo entrenamiento en su uso eficaz más las explicaciones, el consejo o el acompañamiento de los expertos. De manera que se puede ser un argumentador muy hábil (*e.g.*, Platón) e ignorar qué principios de la lógica o técnicas gobiernan la argumentación correcta (de hecho, tales principios fueron sistemáticamente y explícitamente formulados por

⁹ Muchos pensadores han resuelto este tipo de dificultades apelando a la distinción entre ciencia, tecnología y *técnica*. Desde esta perspectiva, la tecnología se identificaría con la ciencia, pero la técnica, ubicada por completo en el terreno del hacer, no.

¹⁰ Cf. Díez y Moulines. (1989) Fundamentos de Filosofía de la ciencia. Barcelona: Ariel.

Aristóteles en sus *Prior y Posterior Analytics*) Sin embargo, podemos conceder sin controversia alguna que, quien argumenta adecuadamente está aplicando las reglas y principios de la lógica que gobiernan dicha actividad, incluso en aquellos casos en los que ignora de qué principios o técnicas está haciendo uso.

Siguiendo esta misma línea se puede argumentar que, al diseñar un artefacto tecnológico, el ingeniero puede ignorar o no disponer de una formulación explícita de los principios que gobiernan el funcionamiento de dicho artefacto. Naturalmente, ello no implica que los principios científicos que rigen su funcionamiento no operen en razón de que el ingeniero los desconoce o en virtud de que aún no los hayamos descubierto. El descubrimiento de tales leyes es de competencia del científico puro y corresponde a otros aspectos del desarrollo científico. Parte de la confusión de quienes se resisten a admitir que los desarrollos tecnológicos que no están acompañados de una teoría científica madura pueden contar legítimamente como instancias de ciencia aplicada y aportar razones adicionales a favor de la estrecha relación entre ciencia pura y aplicada (saber qué y saber cómo), proviene de una comprensión inadecuada de los hechos de la historia de la ciencia y de la tecnología. En efecto, el desarrollo histórico de ciencias como la física, la astronomía o la biología, ilustra claramente como fuimos pasando de teorías rudimentarias, crudas aproximaciones a los hechos y sistemas de explicaciones y predicciones casi siempre falsos e inadecuados, a teorías mejores. Por teorías “mejores” entendemos teorías más desarrolladas, capaces de ofrecer mejores explicaciones de los fenómenos, exitosas empíricamente y más cercanas a la verdad. Algo parecido ocurre con el desarrollo de la tecnología. Las instancias más antiguas de tecnología nos entregan diseños burdos, poco precisos y no muy confiables; a medida que las tecnologías evolucionan, todas estas características se van refinando de manera creciente. Pero el punto importante aquí es que podemos lograr desarrollos tecnológicos funcionales incluso con base en teorías falsas, lo cual ilustra, además, la estrecha relación que hay entre ciencia pura y aplicada y el hecho de que pese a la naturaleza de esta relación, su respectivo desarrollo evolutivo no siempre es paralelo ni va necesariamente en la misma dirección.¹¹

¹¹ Es claro que hay asimetrías notables en el desarrollo de la ciencia pura y la aplicada. Podemos contar con destacadas instancias de dispositivos tecnológicos completamente funcionales que no cuentan con un respaldo teórico satisfactorio o disponer de poderosas teorías cuyas aplicaciones tecnológicas concretas no estamos en condiciones de producir durante mucho tiempo.

Con base en los dos argumentos anteriores; la defensa realista de los principios que operan en los diseños y el argumento por analogía, podríamos concluir, no sólo que no está bien motivada la distinción que plantea Feibleman entre tecnología y ciencia aplicada, sino que además es razonable mantener la identificación epistémica entre ellas sin que los argumentos históricos, no importa cuan abundantes o concluyentes parezcan, contribuyan en lo más mínimo a refutar dicha relación. En la sección final de este trabajo nos aplicaremos brevemente a proponer un análisis crítico sobre dos supuestas diferencias epistemológicas identificadas por Feibleman y que, según su parecer, permitirían insistir en que hay una distinción entre tecnología y ciencia aplicada. Se trata de las respectivas diferencias en la aplicación del método experimental y en los objetivos.

Objeciones finales

De acuerdo con Feibleman, a pesar de ciertos elementos comunes hay diferencias epistemológicas significativas entre ciencia aplicada y tecnología, las cuales dependen de los métodos a los que se recurre en cada una de ellas. Por ello afirma que “tanto el científico aplicado como el tecnólogo emplean el método experimental; sin embargo, en el primer caso se usa a partir de las hipótesis deducidas de la teoría, mientras que en el último se emplea el ensayo y el error o el enfoque de expertos derivados de la experiencia concreta” (1983:36)

Esta afirmación es discutible dado que no es evidente que el método experimental *deductivo* sea lógica o estructuralmente distinto del método experimental por *ensayo y error*. De hecho, si nos atenemos a los modelos falibilistas de la ciencia (como el popperiano) el mecanismo general que permite explicar el desarrollo de la ciencia (y *a fortiori* el de la tecnología) es, precisamente, *el método del ensayo y error*. Como se sabe, el método de ensayo y error es un método deductivo en cuya aplicación se produce el progreso de la ciencia a partir del planteamiento de conjeturas audaces que son puestas a prueba y corregidas mediante la crítica o la contrastación empírica en un proceso interminable que puede generar, cada vez que se aplica, una conjetura mejor y que se expresa, en términos lógicos, con ayuda de la regla del *Modus Tollendo Tollens*. Cuando las conjeturas (ensayo) no superan exitosamente dichas pruebas (error), se proponen nuevas conjeturas y se repite el proceso.

Este análisis deja ver que el denominado método experimental por deducción sería, en realidad, idéntico al método experimental por ensayo y error, *i.e.*, ambos exhiben la misma estructura lógica. Incluso hay una amplia literatura en la que se plantea no sólo que la tecnología emplea el mismo método de la ciencia pura¹², sino que además se sostiene que los diseños tecnológicos se hacen sobre una estructura enteramente deductiva como las teorizaciones en la ciencia¹³.

La segunda característica distintiva que Feibleman postula entre tecnología y ciencia aplicada consiste en las diferencias entre sus objetivos o ideales. Según nuestro autor, mientras el objetivo de la ciencia aplicada consiste en la aplicación de los principios de la ciencia para controlar la naturaleza (Feibleman, 1983: 33) el ideal de la tecnología consiste en la eficiencia (Feibleman, 1983: 37).

Pero una diferencia como ésta también es controversial dado que la eficiencia tecnológica se puede entender justamente como el control de un número mayor de variables en un diseño; *i.e.*, la relación entre la eficiencia y el control es directamente proporcional: a mayor eficiencia, mayor control de variables. El filósofo español Miguel Ángel Quintanilla se pronuncia por esta tesis. En su opinión, la eficiencia de un dispositivo tecnológico se logra de dos maneras: mediante el control de más variables y mediante un control más estricto de los procesos relevantes. Un resultado de esta dinámica del progreso tecnológico es, entre otros, el aumento de la versatilidad de la técnica, de tal manera que la eficiencia aumenta si aumenta el control de la realidad.

Quintanilla ofrece un ejemplo para ilustrar cómo funciona la eficiencia en la dinámica del desarrollo tecnológico. Un robot de brazo articulado controla eficientemente la realidad si y solamente si controla más variables y procesos relevantes:

¹² Bunge es uno de los partidarios de esta tesis. En el ensayo arriba citado afirma: "Un cuerpo de conocimiento es una tecnología si y solamente si: (i) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico". *Ibíd.* P. 206.

¹³ Véase Quintanilla, M.A. *Diseño y evaluación de tecnologías*. En: *Tecnología un enfoque filosófico*. De Vries evalúa cómo se podría analizar el desarrollo tecnológico desde el modelo popperiano en su *Technological Knowledge*, y afirma que: *In fact each design or prototype can be seen as a sort of hypothesis: we expect that it will fulfill the desired function, and this 'theory' can be tested by trying out the design or prototype. If the design or prototype works, our 'hypothesis' can be maintained, and if it fails, we will have to come up with a new 'hypothesis', that is a new design or prototype*. De Vries, M. *Teaching about technology: An Introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Springer, 2005.

Entre las tareas que debe desempeñar un robot de brazo articulado está el desplazamiento de su brazo siguiendo una trayectoria rectilínea en sentido perpendicular al eje del robot, el movimiento que realiza es equivalente al que realizaría un émbolo conectado a una rueda motriz mediante una biela. La diferencia es que en este dispositivo mecánico el movimiento es rígido: siempre realiza el mismo recorrido en la misma posición. En cambio, el robot es flexible: puede seguir distintas trayectorias y alcanzar fácilmente infinidad de puntos diferentes en el plano. Por otra parte, el dispositivo mecánico no puede compensar pérdidas de eficiencia por rozamiento y desgaste y la precisión de su movimiento sólo puede aumentar a costa de su mayor rigidez, lo que conlleva mayor rozamiento, más desgaste y menos fiabilidad. En cambio, el robot puede corregir sus propias desviaciones e ineficiencias.

[...]

El sistema de control del robot seguirá el siguiente esquema: 1) en primer lugar, dividir la trayectoria en segmentos tan pequeños como sea conveniente; 2) para cada segmento enviar al motor de cada articulación una instrucción de avance; 3) procesar las señales de los sensores de posición de los respectivos ejes de las articulaciones y calcular el desplazamiento angular de cada articulación; 4) si este desplazamiento ha llegado al límite previsto para el segmento de trayectoria, enviar la instrucción de frenado y bloqueo a los motores; 5) comprobar el valor del sensor de posición del efector; si se ha desviado de lo previsto, corregir la posición enviando nuevas señales a los motores de las articulaciones; 6) repetir el proceso para el siguiente segmento de trayectoria. (Quintanilla: 2005, p. 134-136)

Con base en estos planteamientos, Quintanilla concluye que “el ejemplo del robot del brazo articulado se puede utilizar como una metáfora de lo que ocurre en el desarrollo tecnológico: la eficiencia se incrementa con el aumento del control. Esto se logra aumentando el número de intervenciones en los procesos, lo que conduce a una mayor versatilidad, capacidad de integración y complejidad de técnicas”¹⁴

Pero si la eficiencia se define en términos de mayor control de variables o de un control creciente de la realidad, no parece sensato insistir en que

¹⁴ *Ibíd.* p 136

una de las diferencias que exhibe la relación entre la ciencia aplicada y la tecnología estriba en que la primera busca el control de la naturaleza, mientras que la segunda tiene por ideal la eficiencia, pues no es difícil mostrar que la segunda se puede subsumir en la primera, con lo cual la supuesta distinción colapsa.

A lo largo de este artículo hemos examinado críticamente los argumentos que ofrece Feibleman para oponerse a cualquier intento por identificar la tecnología con la ciencia aplicada. Nuestros planteamientos muestran que Feibleman no logra sacar adelante su tesis. Para filósofos, historiadores e ingenieros podría parecer abrumadora la evidencia histórica a la que recurren aquellos –que como Feibleman o Skolimowski– pretenden mostrar que la tecnología *siempre* va un paso adelante de la ciencia. Pero estos casos no deberían perturbar a nadie que sienta la más mínima simpatía por el marco realista que suscribimos, ya que desde esta teoría es claro que los principios científicos operan en los diseños tecnológicos aunque no siempre estemos en condiciones de formularlos explícitamente para cada realización tecnológica concreta.¹⁵

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aristotle. *Prior Analytics*. (1989) Book I: Translated with an Introduction and Commentary by Robin Smith. Indianapolis: Hackett Publishing Company.

------. *Posterior Analytics*. (2002) Translated with a Commentary by Jonathan Barnes. New York: Oxford University Press.

Bunge, M. (1966) "Technology as Applied Science". *Technology and Culture*, 7 (3) 329-43.

------. (1980) *Tecnología y Filosofía*. En: *Epistemología*. Editorial Ariel: España.

De Vries, M. (2005) *Technological Knowledge*. En: *Teaching about technology: An Introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Springer.

¹⁵ El punto es que también pueden producirse numerosos ejemplos de tecnologías que se desarrollaron tiempo después de haber conseguido una formulación satisfactoria de la teoría en que se basan. Para no multiplicar innecesariamente los ejemplos mencionaremos solo dos casos. El diseño y fabricación del reloj de péndulo, desarrollado y patentado por Huygens después de los trabajos de Galileo y los modernos dispositivos de computación y almacenamiento de datos, fabricados con base en los principios de la mecánica cuántica.

Devitt, M. (2010) *Aberrations of the Realism Debate*. En: Putting Metaphysics First. Oxford University Press.

Díez y Moulines. (1997) *Fundamentos de Filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel.

Feibleman, J.K. (1983) *Pure Science, Applied Science, and Technology: An Attempt at Definitions*. En: Philosophy and Technology: Readings in the philosophical problems of technology. Carl Mitcham and Robert Mackey (ed). The Free press, New York.

Flórez, D. (2012) ¿Exige el realismo científico un compromiso con la teoría correspondentista de la verdad? *Revista Praxis Filosófica*. Universidad del Valle. No 34 enero-junio.

García, Carlos E. (1991) *Evolución histórica del pensamiento científico*. Manizales: Universidad de Manizales.

----- (2006) *Popper's Theory of Science. An apology*. London: Continuum.

Kroes, P. *Engineering Design*. (2013) En: A companion to the Philosophy of Technology. Jan Kyrre Berg Olsen Friis (et.al). Wiley Blackwell. USA.

Li-Hua, R. *Definitios of Technology*. (2013) En: A companion to the Philosophy of Technology. Jan Kyrre Berg Olsen Friis (et.al). Wiley Blackwell. USA.

Miller, David. (2007) El único modo de aprender. *Revista Estudios de Filosofía*. Universidad de Antioquia, No. 36.

Quintanilla, M.A. (2005) *Diseño y evaluación de tecnologías*. En: Tecnología un enfoque filosófico: y otros ensayos de filosofía de la tecnología. México: fondo de cultura económica.

Plato. *Theaetetus*. (1990) In: Myles Burnyeat. The Theaetetus of Plato. With a translation of the Theaetetus of Plato by M. J. Levett. Indianapolis: Hackett Publishing Company.

Skolimowski, H. (1966) *The Structure of Thinking in Technology*. En: Philosophy and Technology: Readings in the philosophical problems of technology. Carl Mitcham and Robert Mackey (ed). The Free press, New York, 1983

Como citar:

Flórez, D. T. & García, C.E. La naturaleza de la tecnología y sus vínculos con la ciencia: Una perspectiva realista y analógica. *Discusiones Filosóficas*. Ene.-jun. 2017. 63-78. DOI: 10.17151/difil.2017.18.30.4.