

# EFFECTOS TECNOLÓGICOS Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

## *TECHNOLOGICAL EFFECTS AND SCIENTIFIC KNOWLEDGE<sup>1</sup>*

NYDIA LARA ZAVALA-LORENA MEJÍA BARRETO-CARLOS PRIETO MENDOZA  
Universidad Nacional Autónoma de México  
nydialz@yahoo.com

RECIBIDO: 14/09/2015

ACEPTADO: 16/11/2015

**Resumen:** En este ensayo queremos examinar ciertos aspectos del papel ontológico y cognitivo que ejerce la tecnología en la ciencia. Nos interesa resaltar el hecho de que la tecnología es capaz de producir cierta clase de fenómenos donde no siempre es claro si los productos que se obtienen en los experimentos son manifestaciones naturales recién descubiertas o si se trata de un efecto artificial creado en el mundo por la tecnología que se utiliza (Hacking). Al efecto artificial lo llamaremos 'efecto tecnológico'. Los efectos tecnológicos tienen la peculiaridad de producir fenómenos objetivos, observables, altamente predecibles y reproducibles por el arreglo tecnológico. En este trabajo argumentaremos que la ciencia incorpora los efectos tecnológicos como fenómenos naturales tanto para comprobar la existencia de entidades teóricas, como para fundamentar novedosas teorías científicas. En este ensayo se revisarán ambos casos.

**Palabras claves:** Efecto tecnológico, arreglo tecnológico, fenómeno natural, ciencia, tecnología.

**Abstract:** In this paper we examine aspects of the ontological and cognitive role of technology in science. We explore the fact that technology is capable of producing phenomena whose nature is unclear, it is not obvious whether the products obtained in the experiments are newly discovered natural manifestations or if it's an artificial effect created in the world by a particular technology (Hacking). We name the artificial effects 'technological effects'. Technological effects are objective, observable, highly predictable and reproducible phenomena. The proposal is that science incorporates them as natural phenomena, both, to prove the existence of theoretical entities, and to support novel scientific theories. In this paper we assess both cases.

**Keywords:** technological effect, technological arrangement, natural phenomena, science, technology.

## Introducción

---

<sup>1</sup> Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT IN401214 El papel de la tecnología en la ciencia

Hay, sin duda, una larga tradición sobre temas y problemas relacionados con la filosofía de la ciencia y, en cambio, muy poco se ha atendido a la filosofía de la tecnología o mejor dicho a una filosofía de la ciencia que abarque dentro de su campo de estudio a la tecnología. Esto llama la atención porque en este momento de nuestra historia ni la ciencia ni la tecnología podrían desarrollarse como lo hacen sin la cooperación de una con la otra. Pero curiosamente el filósofo de la ciencia no se ha orientado mayormente hacia la reflexión sobre del papel de la tecnología en la ciencia. Esto se debe, en parte, a la herencia del positivismo lógico que marcó desde el siglo pasado la agenda de los problemas filosóficos a debatir, así como las líneas de investigación relevantes, donde la tecnología no fue considerada como un elemento digno de investigación ni de análisis filosófico. Pero también se debe al falso prejuicio que sostiene que el antecedente necesario para el desarrollo tecnológico es el conocimiento científico, idea que ha contribuido a pensar en la tecnología como un mero subproducto de la ciencia y, por lo tanto, filosóficamente irrelevante para entender lo que es la ciencia.

Sin embargo, basta considerar el hecho de que desde el siglo XVII el concepto de ciencia, tal como lo entendemos en la actualidad, surge íntimamente vinculado con el desarrollo tecnológico<sup>2</sup>. Por ello puede ser que en realidad hacer ciencia y hacer tecnología, en muchos casos, no sean actividades tan diferentes<sup>3</sup>. Simplemente pensemos en qué pasaría con nuestra ciencia actual si elimináramos toda la tecnología que utiliza. Esto sin duda la regresaría al estado de la filosofía natural, limitada a la mera especulación en torno a las causas del acaecer de los fenómenos del mundo. Esto rara vez lo considera el filósofo de la ciencia, porque usualmente se pasa de largo el rol ontológico y epistemológico de la tecnología en el desarrollo de la ciencia. La razón es que muchos identifican a la tecnología con los aparatos e instrumentos que utiliza el científico, pero no se considera que esa tecnología es capaz de producir cierta clase de fenómenos donde no siempre es claro si los productos que se obtienen en los experimentos son manifestaciones naturales recién descubiertas o si se trata de un efecto artificial creado en el mundo por la tecnología que se utiliza<sup>4</sup>. De hecho, la visión tradicional asume que todas nuestras leyes o teorías científicas de alguna manera apuntan a lo que siempre ha estado ahí en el universo esperando a ser descubierto<sup>5</sup>. Sin embargo, algunos

---

<sup>2</sup> Tiles and Oberdiek, *Living in a Technological Culture*, Routledge, London, 1995 y Joerges, B., Shinn, T. *Instrumentation between Science, State and Industrie*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 2001

<sup>3</sup> Janich, P., *Physics-Natural Science or Technology?*, 1978

<sup>4</sup> Radder, *The Philosophy of Scientific Experimentation*, 2003, p.23

<sup>5</sup> Hacking, *Representing and Intevening, Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, UK, 1983, p.226

fenómenos estudiados por la ciencia puede que nunca hayan existido en la naturaleza. Es posible suponer que hay fenómenos que se detectan hasta que el ser humano aprende a producirlos a través de la tecnología para crearlos en el laboratorio. Los casos obvios son los rayos láser o el efecto Josephson, que bien analizados son fenómenos que literalmente han sido creados en un laboratorio gracias a configuraciones tecnológicas<sup>6</sup>.

Lo que es menester entender es que las interacciones entre ciencia y tecnología son extremadamente complejas y en realidad no hay una visión única para descifrar su intrincada relación. No obstante, en este ensayo nos proponemos revisar ciertos aspectos del papel de la tecnología en la ciencia y, en particular, su papel cognitivo en la ciencia, donde la línea de demarcación entre creación y descubrimiento queda sumamente borrosa.

Lo cierto es que en la ciencia podemos encontrar muchos casos donde está totalmente perdida la diferencia entre la observación de un fenómeno tecnológico y la observación de un fenómeno natural. Por eso, no es aventurado afirmar que la historia de la ciencia siempre va acompañada de la historia del desarrollo de su tecnología. Simplemente pensemos en el hecho de que de la enorme cantidad de recursos que los gobiernos de todo el mundo destinan a la investigación científica, lo más caro es el desarrollo o la compra de la instrumentación que requiere la ciencia. Sorprendentemente, lo que no está lo suficientemente considerado es el papel que está jugando la tecnología en los avances científicos. Si este es el caso, podemos afirmar que ignorar el papel cognitivo de la tecnología en la ciencia sólo puede dar como resultado una visión muy parcial y un tanto incomprensible en torno a cómo efectivamente se desenvuelve y desarrolla el conocimiento científico.

Otra razón que propicia el enorme descuido que ha tenido el filósofo por los temas relacionados con la filosofía de la tecnología, y muy en particular sobre el papel de la tecnología en la ciencia, también se debe, en buena medida, a que la tecnología, como bien lo señala Heidegger, es totalmente transparente<sup>7</sup>, esto es, ella queda tan íntimamente integrada a las actividades del científico que simplemente nadie la ve. Por esta característica no es ni medianamente claro discernir si la tecnología es, como normalmente se piensa, siempre un mero instrumento de la investigación científica que se utiliza como una extensión de los sentidos, o si la idea misma de investigación científica constantemente requiere de innovación tecnológica no sólo en lo que refiere a sus descubrimientos, sino a la justificación, formulación y comprobación empírica de sus propias teorías e

---

<sup>6</sup> Hacking, *Ibid.*

<sup>7</sup> Heidegger, Martin, "The Question Concerning Technology", pp. 307-342.

hipótesis. Bien entendido, la ciencia para desarrollarse de la manera como lo hace, constantemente y muchas veces previamente requiere de una muy buena dosis de desarrollo tecnológico para llevarse a cabo. Esto, que es relativamente obvio para todos aquellos que estén familiarizados con el quehacer científico, no sólo no está bien estudiado, sino que está provocando una serie de enredos conceptuales en torno a qué es ciencia y qué es tecnología, temas que evidentemente es propio de la filosofía tratar de esclarecer. Estudiar esto es relevante porque la falta de claridad conceptual oscurece la comprensión en torno a la relación entre la ciencia y la tecnología, además de que no se entiende quién juega el papel preponderante en los denominados ‘avances científicos’. Mientras esto no se esclarezca, para nadie puede ser claro cómo influye una en la otra y cuál es la manera más racional para seguir fomentando a estos dos titanes que sirven como cimiento y motor para el desarrollo de la vida moderna.

### **Ciencia y Tecnología**

Aunque el tema de la relación ciencia-tecnología no es nuevo, el hecho es que muy pocos han atendido el rol epistemológico que siempre ha jugado la tecnología en la ciencia. Hay, empero, dos autores importantes que han tratado de desentrañar el papel de la tecnología en la ciencia: uno es Ian Hacking y el otro es Davis Baird. Los dos defienden la idea de que la tecnología que se utiliza para comprobar las teorías e hipótesis científicas no es inocua. Ella no sólo juega un papel decisivo en el desarrollo del conocimiento científico sino que, aparte de ayudar a observar, medir, manipular, controlar, filtrar, etc., los fenómenos que estudia la ciencia, la tecnología también produce efectos nuevos, donde muchas veces no es fácil distinguir si el fenómeno que se observa es natural o es un efecto provocado por el arreglo tecnológico. Hacking trata este tema fundamentalmente en su libro *Representing and Intervening* (1983) y posteriormente Davis Baird escribe *Thing Knowledge* (2004) donde desarrolla una idea relativamente semejante. Hacking llama a los efectos provocados por un arreglo tecnológico ‘artefacto’, Baird los llama ‘thing knowledge’, que textualmente podríamos traducir como ‘conocimiento de objeto’, pero como Baird elige este término para contrastarlo con el conocimiento teórico, quizá sea más exacto traducirlo como ‘conocimiento objetual, ya que el pasivo hace pensar que se aprende sobre el objeto, cuando todo parece indicar que lo que Baird pretende es marcar que se aprende algo sobre lo que hace el objeto. Como quiera que sea, los términos tanto de Hacking como de Baird se usan de manera muy amplia para caracterizar diferentes aspectos del papel cognitivo de la tecnología en la ciencia. Empero, los dos términos son

problemáticos no sólo por su polisemia, sino porque algunas veces no es posible reconocer claramente si la referencia es hacia el objeto tecnológico o hacia el fenómeno que se crea con él. Por el contexto, se podría pensar que Hacking siempre utiliza el término ‘artefacto’ para referirse al fenómeno creado por la tecnología y no al arreglo tecnológico que lo crea. De hecho, Hacking introduce el término ‘artefacto’ para referirse a resultados experimentales que no son manifestaciones de un fenómeno natural, sino que son producto de la intencionalidad humana en una configuración tecnológica particular. El problema es que este autor indistintamente lo utiliza para fundamentar la realidad de una entidad teórica (como los electrones), así como otras veces lo emplea para referirse a cosas que carecen por completo de significado tanto teórico como real y aún otras lo utiliza como sinónimo de ruido, esto es, como eventos que la teoría no sabe interpretar<sup>8</sup>. Además, hay autores que leyendo a Hacking confunden el término ‘artefacto’ con el de ‘aparato’<sup>9</sup> y de hecho, en la literatura generalmente ‘artefacto’ y ‘aparato’ significan lo mismo. Esto nos parece que es un problema, ya que contribuye a que se diluya fuertemente el referente del término de Hacking, pues oscurece la diferencia entre el objeto y el efecto que produce el arreglo tecnológico, siendo el efecto lo que Hacking pretende resaltar con su término.

Por su parte, Baird utiliza el término ‘conocimiento objetual’ de diversas maneras. Por ejemplo, para él un modelo que representa algo del mundo, como el del ADN de Watson y Crick, es un conocimiento objetual. En este caso, el modelo, aunque sin duda es un arreglo tecnológico, no hace nada por sí mismo. Él sólo sirve para obtener alguna clase de representación cognitiva sobre el funcionamiento y la estructura, en este caso del ADN, pero el modelo en sí es pasivo, esto es, no genera ningún efecto tecnológico. Otra acepción de ‘conocimiento objetual’ son los diagramas o medidas que se obtienen de los instrumentos de medición. Él menciona el diagrama que se obtuvo del indicador que inventaron Watt y Southern para medir la relación entre presión y volumen del motor de vapor. El ejemplo es interesante porque de ese diagrama Watt y Southern logran poner las bases conceptuales que abren la puerta para la gestación de la teoría termodinámica demostrando que un arreglo tecnológico puede ser el antecedente de una teoría científica<sup>10</sup>. Empero, en este caso el indicador mide un fenómeno y de la interpretación de las medidas que se obtienen se logra un conocimiento novedoso, pero el indicador no crea un fenómeno nuevo, sólo mide

---

<sup>8</sup> Hacking, *Ibid*, p. 265.

<sup>9</sup> Ver, por ejemplo, el artículo de Peter Kroes, “Physics, Experiments, and the Concept of Nature”, en Hans Radder, *The philosophy of Scientific Experimentation*, 2003

<sup>10</sup> Para un análisis detallado sobre este tema ver el artículo de Josué Martín Peña Almonte, “Explanation in Science and Technology”, *Res Cogitans* (2015) 6:69-78

la relación entre presión y volumen. Ahora bien, Baird también llama ‘conocimiento objetual’ a los efectos provocados por un arreglo tecnológico, como es el caso del fenómeno electromagnético que logra producir Faraday con su aparato. En este punto ‘artefacto’ y ‘conocimiento de objeto’ prácticamente se vuelven sinónimos, aunque la tesis de Baird es que un efecto tecnológico, por sí mismo, es susceptible de brindarnos conocimiento independientemente de que haya o no una teoría científica que lo interprete. Esto es curioso, pues aunque con distinto lenguaje se está hablando exactamente de lo mismo, esto es, de fenómenos provocados por arreglos tecnológicos, la diferencia entre uno y otro autor es que bajo la lupa de Hacking un fenómeno tecnológico sin interpretación teórica sería equivalente a ruido, mientras que para Baird sería una rica fuente de conocimiento.

El punto es que los términos ‘artefacto’ y ‘conocimiento objetual’ no son muy precisos para expresar algo concreto y digno de un análisis más cuidadoso. Quizá por eso la literatura alrededor de Hacking se ha centrado fundamentalmente en la discusión en torno a la extraña clase de realismo de entidades que defiende y la de Baird en la crítica de lo que él mismo llama su ‘neo-popperianismo’<sup>11</sup>. Sin embargo, muy poco se ha atendido un aspecto que aparece tanto en Hacking como en Baird y que, a nuestro juicio, es sumamente interesante: la idea misma de efecto tecnológico. Lo que nosotros queremos defender en este trabajo es que hay casos donde los aparatos e instrumentos tecnológicos que utiliza el científico no son pasivos, esto es, algunas veces ellos producen efectos tecnológicos, mismos que fácilmente se confunden y se interpretan como fenómenos naturales cuando en realidad no lo son. La razón de esta confusión pensamos que se puede deber al hecho de que una vez que se aprende a producir un efecto tecnológico, el fenómeno que se provoca es perfectamente observable y reiteradamente reproducible, por lo que no se duda en integrar su interpretación al corpus de nuestras explicaciones del mundo natural.

Ahora bien, si se analizan cuidadosamente las repercusiones de integrar un efecto tecnológico a nuestras explicaciones del mundo natural, es posible darse cuenta de que esta confusión no es inocua, ya que, como lo trataremos de argumentar a continuación, por falta de claridad conceptual se ha tendido a ignorar la enorme importancia del papel cognitivo que tiene la tecnología en la ciencia y por lo mismo a no entender bien la relación entre ciencia y tecnología. Brevemente tratemos de esclarecer esto.

---

<sup>11</sup> Baird, “Thing Knowledge”, apartado 4, en Hans Radder, *The Philosophy of Scientific Experimentation*, 2003), p. 60

### Efecto tecnológico

Sin la más mínima intención de quitarle a Hacking la paternidad de la idea, pero tratando de evitar la pluralidad de significados del término ‘artefacto’, nosotros vamos a llamar ‘efecto tecnológico’ a los fenómenos provocados por arreglos tecnológicos. Los efectos tecnológicos tienen la peculiaridad de que son fenómenos objetivos, observables, altamente predecibles y reiteradamente reproducibles por el arreglo tecnológico. Sin embargo, se debe conceder que el arreglo tecnológico que produce el efecto tecnológico es una creación humana, por lo que se puede afirmar que, aunque muchas veces ese efecto se confunde o se trate como si fuera un fenómeno natural, propiamente hablando ningún efecto tecnológico lo es. Esta idea no es nueva, Niels Bohr, por ejemplo, en sus estudios sobre la estructura atómica de la luz ya se había percatado de que dos distintos arreglos tecnológicos producían distintos efectos tecnológicos. Con un arreglo tecnológico se observaba un comportamiento de onda y con el otro uno de partícula, donde cada comportamiento mostraba propiedades mutuamente excluyentes para la física clásica<sup>12</sup>. Esto, según lo sostiene Rom Harré<sup>13</sup>, llevó a Bohr a sospechar que hay arreglos tecnológicos que crean fenómenos que no ocurren en la naturaleza sin ellos. Empero, parece que Bohr nunca acabó de desarrollar las consecuencias ontológicas y epistemológicas que esta reflexión encierra. Quizá porque la misma aceptación de que en la ciencia se incluyen efectos tecnológicos como elementos explicativos de la realidad, irremediablemente cuestiona la idea de que los enunciados científicos se limiten a ser una mera descripción del mundo que nos rodea y de lo que existe en él. La idea, avanzada en más de un sentido por Hacking, de que el científico con sus arreglos tecnológicos crea una realidad que, por las características de los efectos tecnológicos, se convierte en controlable y predecible puede no gustarle a muchos, pero entenderlo así nos empieza a explicar que para cabalmente entender cómo opera y se constituye, cuando menos una parte del conocimiento científico, es indispensable considerar el papel activo, cognitivo y ontológico que juega la tecnología en la formulación de sus teorías e hipótesis. Por eso es importante reconocer que los aparatos e instrumentos que utiliza la ciencia no sólo sirven para medir u observar objetos y fenómenos naturales nunca antes vistos, como los alcanzados por los telescopios y los microscopios, sino que también sirven para provocar fenómenos novedosos que sin mayor reflexión se asumen como

---

<sup>12</sup> Bohr, “Discussions with Einstein on epistemological problems in atomic physics”, en *Albert Einstein: Philosopher-scientist*, UK, Cambridge University Press, 1947

<sup>13</sup> Harré, “The materiality of instruments in a metaphysics for experiments”, en Hans Radder, *The Philosophy of Scientific Experimentation*, 2003, p. 26

descubrimientos científicos. Parafraseando a Hacking podemos decir que cuando menos una parte de la tecnología que emplea el científico en la realización de sus experimentos es lo que muchas veces le permite “crear, producir, refinar y estabilizar” los fenómenos que estudia la ciencia<sup>14</sup>. Muchos de estos fenómenos, como lo mencionamos arriba, por las características intrínsecas de los efectos tecnológicos, son públicos, objetivos, regulares, repetibles, manipulables y predecibles, por lo que de ellos se extraen muchas de las leyes “naturales” que conforman nuestras teorías científicas<sup>15</sup>.

De hecho, la tecnología puede jugar un doble papel en los avances científicos. Hay ocasiones en donde la teoría es la que guía el efecto tecnológico que se desea obtener, pero, como bien lo detecta Baird, también hay ocasiones en donde es el efecto tecnológico el que sirve de apoyo y fundamento para crear una nueva teoría científica. Los dos casos son interesantes, por lo que vale la pena explorar por separado cada uno de ellos.

### **Teoría científica y efecto tecnológico**

Es común que una teoría científica guíe el arreglo tecnológico para producir un efecto tecnológico ad hoc, mismo que es interpretado por el científico como el dato empírico que confirma lo que postula su teoría. Estos casos abundan en la ciencia, pero lo que es muy difícil de discernir es si lo que detecta el científico a través del arreglo tecnológico es una entidad que pertenece a la naturaleza o es un producto de la tecnología que emplea. El punto es que, en muchos casos, lo que se interpreta como un dato que confirma una hipótesis científica puede ser un efecto tecnológico creado para generar lo que la teoría busca comprobar como existente. Sin embargo, siempre cabe la pregunta en torno a si el efecto detectado por la tecnología efectivamente es la comprobación de lo que la teoría presupone como existente o si es la creación del efecto que el arreglo tecnológico produce con la intención de provocar lo que la teoría supone como existente. Lo que es un hecho es que el desarrollo tecnológico guiado por la teoría científica opera, para decirlo de alguna manera, bajo pedido, por lo que el desarrollador de la tecnología tiene que saber previamente qué función se espera que haga su aparato para generar el efecto deseado por el científico. El hecho es que por la manera como se conjugan los intereses teóricos con los tecnológicos, no nos parece obvio suponer que si el científico obtiene el resultado de lo que su teoría predice sea un argumento

---

<sup>14</sup> Hacking, *Representing and Intevening, Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, UK, Cambridge University Press, 1983, p.230

<sup>15</sup> *Ibid.*, p.230

contundente para dirimir la cuestión de si el científico efectivamente descubre la existencia de aquello que postula su teoría o si crea el efecto tecnológico adecuado para confirmar lo que esperaba obtener con el auxilio de la tecnología que emplea. Hacking, que aparentemente se inclina por la primera opción, opina que si el arreglo tecnológico manifiesta lo que la teoría espera que se produzca, parece que no hay razones para cuestionar que se está descubriendo el fenómeno que la teoría predice. Sin embargo, poco después él mismo agrega:

El aparato fue hecho por el hombre. Se crearon las invenciones. Pero, tendemos a sentir que los fenómenos revelados en el laboratorio son parte de la obra de Dios, a la espera de ser descubiertos<sup>16</sup>.

Lo cierto es que Hacking a lo largo y ancho de su obra nunca deja muy clara su postura en torno a si la ciencia descubre o crea las entidades que postulan sus teorías, quizá porque esta cuestión nunca la podremos contestar satisfactoriamente. La razón es que no es ni medianamente obvio decidir cuándo un arreglo tecnológico detecta lo que el científico espera que se detecte en la naturaleza o cuándo el efecto tecnológico crea lo que el científico le pide al tecnólogo que se produzca artificialmente para comprobar su teoría. Lo que sí es un hecho es que los arreglos tecnológicos que actualmente emplea el científico para generar los efectos tecnológicos que desea obtener de ellos, por sus propias características, no sólo se vuelven el fundamento de la ciencia sino que las más de las veces son ellos mismos los que posteriormente sirven de base y motor de las innovaciones tecnológicas que llegan a nuestras casas. Esto es así, porque bien analizado no es propiamente el discurso científico, sino los efectos tecnológicos que se producen, lo que en última instancia permite la transformación, manipulación, control y predicción que se puede ejercer en el mundo y que afecta sustancialmente la manera como se produce la tecnología que tanto impacta el desarrollo de nuestra vida cotidiana. Usemos como ejemplo el experimento del descubrimiento de los electrones para ilustrar este punto.

Durante el siglo XIX el mundo científico cada vez ponía menor resistencia para aceptar la teoría atómica que sostenía que todo el universo estaba constituido por la combinación de pequeñas partículas denominadas ‘átomos’. Dalton, quizá por la influencia de Demócrito y Leucipo, había aventurado la idea de que esos átomos eran partículas sólidas e indivisibles, semejantes a diminutas bolas de billar. Sin embargo, muchos se preguntaban si los átomos efectivamente se deberían concebir como partículas sólidas e indivisibles o si ellos estaban constituidos por otras partículas más pequeñas que podían dar cabida a combinaciones más variadas y sutiles. En 1897, J. J. Thomson desarrolló un arreglo tecnológico para tratar de

---

<sup>16</sup> *Ibid.*, p.225

averiguar si en los átomos era posible detectar partículas subatómicas más pequeñas. Así surgió el dispositivo denominado ‘tubo de rayos catódicos’ que consiste en un tubo de cristal en forma de botella sellado y al que se le extrae el aire. Dicho tubo contiene en la parte más delgada de su interior dos círculos de metal puestos uno frente al otro. El primero es completo y el otro tiene una forma de rondana, esto es, en su centro tiene un orificio. Los dos círculos de metal están alambrados para conectarse a una fuente de energía eléctrica por fuera. El círculo de metal completo está conectado a un polo negativo y la rondana a uno positivo. Cuando Thomson encendió la fuente de energía lo que observó fue que del círculo de metal completo se emitía un rayo en línea recta que atravesaba la rondana y provocaba una luminosidad en línea recta que llegaba hasta el otro extremo del tubo exactamente en el centro. A este efecto tecnológico lo denominaron ‘rayo catódico’ por proceder del metal conectado al polo negativo de la fuente de energía. La pregunta inmediata que se planteó Thomson fue si ese rayo tenía o no alguna clase de carga eléctrica. Esta pregunta era relevante porque en principio se aceptaba que todos los átomos eran neutros, es decir, que ellos no tenían carga eléctrica. Ahora bien, como Thomson sabía de antemano que polos opuestos se atraen y polos iguales se repelen, para contestar esta pregunta decidió colocar arriba y abajo dos placas de metal a la mitad del tubo, mismas que conectó a otra fuente de energía de tal forma que la placa de arriba quedaba en el polo positivo y la de abajo en el negativo. Cuando encendió las dos fuentes de energía lo que observó fue que cuando el rayo pasaba por las dos placas de metal recién agregadas hacía una curva hacia la que estaba cargada al polo positivo por lo que la luminosidad ahora quedaba hacia arriba del centro del tubo.

Recordemos que la teoría que guía el experimento de Thomson parte del supuesto de que todo el universo está hecho de diminutas partículas y lo que él quería averiguar era si los átomos que conforman el universo eran sólidos e indivisibles o si estaban compuestos de otras partículas subatómicas. Él, por lo tanto, asumió que los dos círculos de metal estaban compuestos de átomos y que cuando él aplicó la descarga eléctrica que produce el rayo catódico en su dispositivo, lo que supuso que estaba viendo en el haz de luz era la ruptura de un componente del átomo con carga negativa, puesto que cuando el rayo pasaba por la placa de metal con carga positiva, el rayo se desviaba hacia ella. Para confirmar este resultado, Thomson sustituyó las placas de metal por un imán y lo que observó fue que al manipularlo, el rayo catódico siempre se desviaba hacia el polo positivo del imán, lo cual confirmó su hipótesis de que los rayos catódicos contienen una carga negativa. Pero de ahí infirió que lo que compone al rayo catódico y que claramente tiene una carga negativa tenían que ser una partículas mucho más pequeñas que los átomos. A esas partículas subatómicas, cuya existencia se infiere

del comportamiento de los rayos catódicos, se les llama ‘electrones’ y a Thomson se le adjudica la paternidad de su “descubrimiento”.

Lo que hay que recalcar es que ni Thomson ni los que han repetido exitosamente el experimento del tubo de rayos catódicos con muy distintos metales ven electrones. Lo que siempre se ve son los rayos catódicos creados como efectos tecnológicos con los dispositivos que se utilizan. Sin embargo, una vez que se asume la interpretación del científico, parece que ya no hay reparo en aceptar que lo que se ve y se manipula en los experimentos son efectivamente electrones y no rayos catódicos. Este movimiento hacia la teoría propicia dos cosas que son dignas de llamar la atención: la primera es que se diluye totalmente la diferencia entre lo que efectivamente se ve de lo que se interpreta que se ve. La segunda es que el efecto tecnológico, como tal, se vuelve completamente transparente, es decir, queda relegado a un segundo plano carente de relevancia, por lo que todo el peso cognitivo se le da a lo que interpreta el científico como descubrimiento.

Ahora bien, no cabe la menor duda de que Thomson diseñó un arreglo tecnológico con la clara intención de buscar partículas subatómicas. Thomson produjo con él los rayos catódicos, pero infirió que había comprobado la hipótesis de que los átomos contenían electrones. Si lo comprobó o no es otra historia que no vamos a discutir en este trabajo, pero lo interesante del caso es que, pese a su transparencia, fue la producción de ese efecto tecnológico lo que tuvo interesantes consecuencias no sólo porque a partir de él se ha enriquecido enormemente la teoría atómica, sino porque fue ese efecto tecnológico lo que en su momento sirvió para producir nueva tecnología, como por ejemplo, las pantallas de las televisiones o los monitores de las computadoras. Por estas y otras muchas consecuencias tanto teóricas como tecnológicas, Hacking y posiblemente muchos otros, están dispuestos a aceptar la existencia de los electrones. Después de todo, es al filósofo al que le preocupa averiguar el estatus ontológico que les debemos otorgar a las entidades teóricas. Si efectivamente existen o no los electrones, es una cuestión que sin duda se puede discutir eternamente. Por eso es un problema filosófico y quizá también por eso es el punto que más se le discute a Hacking. Pero aquí hay inmersos dos temas que apenas están empezando a acaparar la atención del filósofo: el primero es la importancia de reconocer el papel epistemológico de la tecnología y, el segundo, que sin la tecnología que produce efectos tecnológicos, la ciencia no podría tener el impacto que actualmente tiene en la sociedad. Bien entendido, el mensaje importante que realmente se debe extraer de Hacking no es su realismo de entidades tan ampliamente discutido en la literatura filosófica, sino la lección de que es un craso error concebir a la tecnología como un mero subproducto del conocimiento científico, donde está implícita la asunción de que la tecnología no aporta ninguna clase relevante de

conocimiento o cuando menos ninguna que sea digna de consideración de parte de los filósofos. El punto que queremos resaltar por lo pronto es que la tecnología, de hecho, es la herramienta que permite pasar de la mera especulación a la comprobación de teorías e hipótesis científicas. A su vez, son los efectos tecnológicos los que realmente trascienden los intereses del científico y los que impactan a la sociedad generando sorprendentes y vertiginosas aplicaciones que la mayoría de las veces no fueron contempladas por los mismos científicos que promovieron e inspiraron la construcción de sus arreglos tecnológicos para comprobar sus postulados teóricos.

Si se entiende lo que hasta aquí se ha dicho, se debe reconocer que las teorías tienden a postular en sus discursos la existencia de infinidad de entidades. En el camino muchas de ellas se abandonan y quedan en el olvido<sup>17</sup>, pero las que perduran normalmente lo logran gracias a los arreglos tecnológicos que producen los efectos tecnológicos que justifican su realidad. Esa realidad, empero, sólo se justifica por las características intrínsecas de los efectos tecnológicos, porque son ellos los que nos proporcionan los elementos objetivos, públicos, repetibles, predecibles y controlables que le permiten inferir al científico su existencia. Pero la riqueza del efecto tecnológico no queda ahí, ya que además de emplearse para confirmar y enriquecer lo que la teoría postula, también sirve para generar nuevas aplicaciones que sin duda impactan nuestra vida cotidiana. Esa es la importancia de entender y estudiar a la ciencia y a la tecnología como un binomio inseparable, pues la teoría científica sin la tecnología puede ser un discurso racional, explicativo, interesante y atractivo de suyo, pero lo cierto es que la riqueza de nuestra ciencia no descansa en su discurso, sino en sus aplicaciones, predicciones y el inmenso control que podemos ejercer sobre el mundo que nos rodea gracias a la tecnología que emplea.

### **Efecto tecnológico y teoría científica**

Otro aspecto importante de cómo influye la tecnología en el desarrollo del conocimiento científico, que apenas empieza a despuntar gracias al trabajo de Davis Baird, es el que tiene que ver con la producción de efectos tecnológicos que no se saben interpretar teóricamente, pero que con el tiempo acaban dando lugar a ricas teorías científicas. De hecho, Baird, pese a su veta popperiana que lo lleva a utilizar un lenguaje que más que aclarar lo que defiende confunde al lector, parece que ataca de frente la idea de que todas nuestras interpretaciones están cargadas

---

<sup>17</sup> Como el flogisto o la sustancia calorífica.

de teoría. Analizando su libro podríamos decir que su tesis consiste en afirmar que el conocimiento que nos brinda un efecto tecnológico es no sólo incuestionable, sino totalmente independiente de su interpretación teórica. Es más, lo que afirma Baird es que mientras que el efecto tecnológico es un hecho incontrovertible, las teorías que lo interpretan o lo pueden interpretar, pueden conservarse o abandonarse, mientras que el efecto tecnológico mismo está ahí, patente, ante la vista de todos y, por lo tanto, nadie en su sano juicio lo puede poner en duda. Tratemos de ilustrar las implicaciones de esta afirmación.

Arriba discutíamos si los rayos catódicos eran suficiente evidencia para garantizar la existencia de los electrones. Su demostración, como vimos, se obtiene del comportamiento de los rayos catódicos y, desde la perspectiva de Baird, podríamos decir que ellos son y representan el elemento epistemológico que llevan a inferir a Thomson que los electrones existen. Visto así, Thomson, a pesar de que desarrolló un arreglo tecnológico con la clara intención de probar que los átomos estaban compuestos de partículas subatómicas, no pudo evitar sorprenderse del efecto que produjo su tubo. La manifestación del rayo catódico fue tan inesperada por él y sus colaboradores que al principio nadie supo cómo interpretar el fenómeno. Fue sólo posteriormente que Thomson supo sacarle provecho para postular la existencia de los electrones, pero como lo señalamos en su momento, ésta es una interpretación posible de la observación de los rayos catódicos. Sin embargo, lo que está completamente fuera de duda es el efecto tecnológico que produjo y aún produce el tubo de rayos catódicos independientemente de que se conserve o no la tesis de la existencia de los electrones. Este punto es importante porque, desde esta perspectiva, se muestra que el efecto tecnológico es el que perdura y se manipula a voluntad, al mismo tiempo que es el que sirve como fundamento y motor de la interpretación científica.

Pero la tesis de Baird, en contraste con la de Hacking, es que hay casos donde los efectos tecnológicos por sí mismos son susceptibles de proporcionarnos un conocimiento novedoso independientemente de que haya o no una teoría que los interprete. Lo interesante es que Baird en su libro *Thing Knowledge*, ampliamente ilustra la posibilidad de que primero se genere el efecto tecnológico y con base en el conocimiento que se obtiene de él, después se genere la teoría ad hoc que lo interprete. Su tesis, entre otras cosas, seriamente cuestiona el prejuicio de que el desarrollo tecnológico necesariamente depende del científico y lo que él muestra es que los efectos tecnológicos que carecen de interpretación teórica pueden ser y servir como una rica fuente para estimular la creación de novedosas teorías científicas. Quizá un ejemplo que tanto Hacking como Baird utilizan nos pueda servir para ilustrar este punto. Pero antes quisiéramos dar algunos antecedentes para que se entienda su importancia.

La electricidad estática y el magnetismo sin duda alguna son fenómenos naturales y fueron familiares durante la antigüedad, pero un tanto incomprensibles e intrigantes por largo tiempo. Los dos parecían tener fuerzas misteriosas capaces de atraer a otros cuerpos hacia sí, sin que nadie pudiera explicar por qué. El ámbar, denominado ‘electrón’ por los griegos, y la ‘magnetita’, denominada así por haber sido descubierta en la ciudad griega de Magnesia, parecían estar dotados de poderes mágicos y cualidades ocultas por lo que la gente durante siglos algunas veces los trató de utilizar para fines médicos, aunque su uso más frecuente fue fundamentalmente para protegerse de hechizos y brujerías.

Ahora bien, hasta el Renacimiento era normal confundir la electricidad estática con el magnetismo, pero William Gilbert (1544-1603) tajantemente los distinguió como dos fenómenos distintos e independientes. En su monumental obra conocida como *De Magnete*, Gilbert desarrolló una inmensa cantidad de experimentos donde descubrió que aparte del ámbar hay una infinidad de sustancias capaces de manifestar propiedades eléctricas, mientras que el imán sólo atrae al hierro. Gilbert fue quien introdujo los términos ‘electricidad’, ‘fuerza eléctrica’ y ‘atracción eléctrica’. Por otro lado, fue él quien también descubrió que el imán posee polos magnéticos opuestos, idea que le sirvió para fundamentar que la Tierra era una especie de gran imán. En su época se pensaba que la razón por la cual la aguja de la brújula apuntaba al norte era la influencia de la estrella polar (Polaris), pero Gilbert demostró que era la misma Tierra la que lo causaba ya que su centro estaba compuesto por hierro que actuaba como imán en la aguja de la brújula. Además, demostró que una piedra imantada podía imantar al hierro volviéndolo magnético sin que la piedra original perdiera su propia potencia. Pero aparte de estos grandes hallazgos Gilbert también sostuvo que mientras que la atracción eléctrica era un fenómeno corpóreo causado por un efluvio invisible a nuestros sentidos, la acción magnética era un poder incorpóreo, ya que su acción no podía ser obstruida cuando se interponían otros materiales, como el cristal, la madera o el papel. De hecho, aunque a Gilbert se le adjudique la paternidad tanto de la electricidad como del magnetismo, la razón que lo llevó a separar tajantemente estos dos fenómenos respondió a su interés por demostrar que la electricidad era un fenómeno físico, mientras que el magnetismo no lo era. De eso infirió que la atracción magnética que observamos en el imán debía ser entendida como un claro ejemplo de que ciertas fuerzas ocultas e inteligentes actuaban en la naturaleza para organizar el comportamiento del cosmos<sup>18</sup>.

La relevancia de esta historia radica en que a partir de Gilbert los fenómenos eléctricos se volvieron el centro de interés para desarrollar un inmenso arsenal de

---

<sup>18</sup> Westfall, *The Construction of Modern Science*, USA, Cambridge University Press, 1977, p. 27.

aparatos tecnológicos para generar, controlar y almacenar electricidad. En contraste, muy pocos se interesaron en seguir explorando el magnetismo, posiblemente porque no se le consideraba un fenómeno corpóreo.

Los estudios alrededor de la electricidad, empero, propiamente hablando no fueron teóricos, sino experimentales y fundamentalmente tecnológicos. Así surgió la botella de Leyden, que servía para almacenar energía estática y que más adelante la utilizó Franklin para realizar el famoso experimento que le permitió establecer la relación entre los relámpagos y la electricidad, descubrimiento que a su vez lo llevó a la invención del pararrayos. Pero lo que es relevante para nosotros fue la primera pila eléctrica inventada por Alessandro Volta en 1800, que fue la primera fuente de energía estable y que fue crucial para la construcción del aparato de Faraday, que es el ejemplo que vale la pena revisar, pues es el que muestra cómo un efecto tecnológico logra inspirar la creación de una teoría científica.

Michael Faraday (1791-1867), según nos platica su biógrafo L. Pearce Williams<sup>19</sup> (que también retoma Hacking), fue un hombre profundamente religioso. Aparentemente su propia mística lo llevó a pensar que si Dios era coherente, tendría que haber una estrecha relación entre todas las fuerzas del universo. Pese a todo el esfuerzo experimental que Gilbert realizó para distinguir entre la fuerza eléctrica y la magnética, Faraday se dio a la tarea de diseñar un arreglo tecnológico para tratar de demostrar que esta separación era incorrecta. Previamente ya había quienes se habían percatado de que junto a una pila de Volta la aguja de una brújula se afectaba cuando se acercaba a la corriente eléctrica de una pila de Volta. Con base en esta observación Faraday procedió a diseñar una serie de aparatos que combinaban elementos eléctricos con magnéticos para ver qué pasaba, hasta que, para sorpresa del mismo Faraday, uno de ellos produjo el efecto que se conoce como 'rotación electromagnética'. Baird describe el arreglo tecnológico de Faraday de la siguiente manera:

Un imán fijo está cementado verticalmente en el centro de un baño de mercurio. Un alambre, con el extremo un poco sumergido en el mercurio, está suspendido sobre el imán de tal manera que permite que se mueva libremente alrededor del imán. La suspensión del alambre es tal que puede hacer contacto con el imán y el polo de una batería. El otro polo de la batería está conectado al imán que lleva la corriente al baño de mercurio y de allí al otro extremo del cable, completando el circuito.

Inmediatamente después, pasa a describir el efecto tecnológico que se obtiene de este arreglo. Dice Baird:

---

<sup>19</sup> Pearce Williams, L., *Michael Faraday, A biography*, London and New York, 1965.

El aparato produce un fenómeno sorprendente: cuando una corriente eléctrica corre por el alambre, a través del imán y el baño de mercurio, el cable gira alrededor del imán. El comportamiento observado en el aparato de Faraday no requiere interpretación. Si bien hubo un considerable desacuerdo sobre la explicación de este fenómeno, nadie impugnó lo que hizo el aparato: él exhibió (aún lo hace) un movimiento de rotación, como consecuencia de una combinación adecuada de elementos eléctricos y magnéticos.<sup>20</sup>

Así nace el denominado ‘motor electromagnético de Faraday’ y lo que Baird afirma es que lo que parece indiscutible es que cuando Faraday construyó el arreglo tecnológico que produjo el efecto de rotación electromagnética no existía ninguna teoría científica que guiara su arreglo tecnológico y mucho menos una posible interpretación del fenómeno observado. De hecho, Faraday partió de una convicción religiosa y fue ella la que lo motivó a desarrollar la tecnología que produjo la rotación electromagnética donde no queda claro si su propósito era científico o metafísico. Tampoco queda claro qué tanto influyó la idea de Gilbert en torno a su tesis de que el magnetismo era una fuerza inteligente no corpórea encargada de darle orden al cosmos. No obstante, es importante reconocer que fue gracias a su inagotable labor ingenieril que Faraday logró producir ese efecto tecnológico que, sin exagerar, nos cambió la vida: se usa en la producción de electricidad, en la industria automotriz, en las telecomunicaciones, etc. Pero lo relevante para nosotros en este apartado es que claramente muestra que fue un efecto tecnológico, que en su momento carecía de interpretación científica, lo que le sirvió a James Clerk Maxwell para ver e interpretar de otra manera el comportamiento de ciertos fenómenos naturales a la luz de lo que se observaba con el arreglo tecnológico de Faraday. Esto es, con base en lo que el efecto tecnológico de Faraday manifestaba, Maxwell logró construir la teoría electromagnética que actualmente sirve como soporte para proponer teóricamente la existencia de una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza y que es capaz de explicarnos una infinidad de fenómenos que acontecen en el mundo natural.

Ahora bien, pese a las impresionantes aplicaciones de la rotación electromagnética y a la indiscutible riqueza explicativa que nos heredó la teoría de Maxwell, lo que tendemos a olvidar es que los fenómenos que observamos en la naturaleza son la electricidad y el magnetismo. A menos que Gilbert estuviera totalmente errado al descubrir las diferencias entre estos dos fenómenos, parece

---

<sup>20</sup> Baird, *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*, University of California Press, Berkeley, USA, 2004, p. 8.

que tenemos que reconocer que el electromagnetismo es un efecto tecnológico. El hecho de que Maxwell de manera muy exitosa lo supiera aprovechar para construir una nueva teorías, no implica que el electromagnetismo sea un fenómeno natural. Sin embargo, una vez creada la teoría parece que ya no hay reparo para asumir que el efecto tecnológico es natural y que, por lo tanto, el efecto que con tanto ingenio y esfuerzo provocó Faraday se debe entender como un gran descubrimiento científico de Faraday. Esto tiene consecuencias para entender cómo se relaciona la tecnología con la ciencia, pues la tecnología que provocó el fenómeno quedó no solamente relegada a segundo término, sino que las aplicaciones que se han logrado crear a partir de ese efecto tecnológico se interpretan ahora como triunfos de la ciencia. El problema es que las ricas aportaciones de la tecnología nuevamente se vuelven completamente transparentes, lo cual contribuye a que se piense en ella como un elemento irrelevante para comprender cómo opera y se relaciona el conocimiento tecnológico con el científico y el importante papel cognitivo que constantemente juega la tecnología en el desarrollo de la ciencia.

### **Conclusiones**

Hemos presentado un breve panorama en torno a la riqueza que se puede obtener cuando se considera el papel cognitivo de la tecnología en la ciencia. Lo que parece claro es que sin esa consideración la filosofía no puede llegar a entender lo que en realidad es la ciencia ni como trabaja y se desenvuelve con el auxilio de su tecnología. El filósofo de la ciencia sistemáticamente ha tendido a ignorar, minimizar o malinterpretar la importancia de la tecnología en el desarrollo del conocimiento científico. Posiblemente por eso no sólo no se ha entendido lo que es la ciencia, sino tampoco lo que es la tecnología. Como filósofos, tenemos que reconocer que la producción científica es un complejo entramado que combina intuiciones, teoría, tecnología, descubrimientos naturales y efectos tecnológicos. No parece haber un orden ni una jerarquía fija en torno a cómo se conectan unas cosas con otras para obtener sus resultados. Como vimos, hay teorías que guían la producción tecnológica, pero también hay producción tecnológica que guía la construcción de teorías. No cabe duda de que parte de la ciencia trabaja con fenómenos naturales, pero esperamos haber dejado claro que hay otra parte importante que surge, se fundamenta y se apoya en efectos tecnológicos. Esto, a nuestro juicio, no es ni se debe interpretar como un defecto de la ciencia, sino como una forma diferente y más coherente de entender la rica manera como contribuye la tecnología en el desarrollo científico.

En realidad, generalmente en el proceso de investigación se combinan teorías y efectos tecnológicos, pero muchas de las interpretaciones y resultados de la ciencia están sustentados en los efectos tecnológicos. El hecho es que los efectos tecnológicos juegan un papel ontológico y epistemológico importantísimo en el desarrollo de la investigación científica. Son ellos los que les dan cuerpo a las entidades teóricas y son ellos los que permiten el paso de la mera especulación a hechos concretos y utilizables por la sociedad. Si esto es correcto, podemos concluir que ignorar el papel cognitivo de los efectos tecnológicos es un craso error, pues sólo nos puede conducir a nunca entender qué es y cómo muchas veces de hecho trabaja, crece y se desarrolla eso que llamamos ‘conocimiento científico’.

### Bibliografía

BAIRD, Davis, *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*, USA, University of California Press, Berkeley, 2004.

BOHR, Niels, “Discussions with Einstein on epistemological problems in atomic physics”, en *Albert Einstein: Philosopher-scientist*, UK, Cambridge University Press, 1947.

HACKING, Ian, *Representing and Intervening, Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, UK, Cambridge University Press, 1983.

HARRE, Rom, “The materiality of instruments in a metaphysics for experiments”, en Hans Radder, *The Philosophy of Scientific Experimentation*, 2003.

HEIDEGGER, Martin, "The Question Concerning Technology", *Martin Heidegger: Basic Writings from "Being and Time" (1927) to "The Task of Thinking" (1964)*, editada por David Farrell Krell, Harper, San Francisco, 1993, pp. 307-342.

JANICH, P., *Physics-Natural Science or Technology?*, 1978.

PEARCE WILLIAMS, L., *Michael Faraday, A biography*, London and New York, 1965.

PEÑA ALMONTE, Josué Martín, “Explanation in Science and Technology”, *Res Cogitans* (2015) 6:69-78.

RADDER, H, “Toward a More Developed Philosophy of Scientific Experimentation”, *The Philosophy of Scientific Experimentation*, 2003.

TILES, M and OBERDIEK, H, *Living in a Technological Culture*, Routledge, London, 1995

SHINN, J.B.T, *Instrumentation between Science, State and Industrie*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 2001

WESTFALL, Richard, *The Construction of Modern Science*, USA, Cambridge University Press, 1977.