



Facultad de
Filosofía y
Letras

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE FILOSOFÍA**

LA DIFERENCIA ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**INFORME ACADÉMICO POR SERVICIO SOCIAL
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FILOSOFÍA**

**Presenta: Ian Ariel Quallenberg Menkes
Asesora: Dra. Nydia Lara Zavala**

México D.F.

Mayo de 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

1. Antecedentes	3
a. Descripción general de los antecedentes del proyecto de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ingeniería de la UNAM con clave 2011-12/81-468	3
b. Explicación de cómo el proyecto mencionado ayuda a crear un nuevo programa para la materia Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología y justificación para crear dicho programa	4
c. Descripción de las necesidades a que corresponde el proyecto 2011-12/81-468 de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y explicación de la simetría con sus objetivos	6
2. Elaboración	8
a. Descripción del libro de texto como base del proyecto	8
b. Justificación de la decisión de redactar nuevas propuestas para ser incorporadas en el libro de texto	9
c. Explicación de las razones para seleccionar el tema de la diferencia entre ciencia y tecnología y descripción de su función dentro del marco general del proyecto	9
d. Detalles sobre la búsqueda de fuentes de investigación	11
e. Descripción del proceso de redacción del artículo que el presente alumno hizo como contribución al proyecto	14
3. Proceso de publicación	17
a. Descripción de las dificultades de elaborar y seleccionar una versión del texto que se acople a los criterios y propósitos de una institución	17
b. El dictamen positivo	19
4. Valoración crítica y conclusión	20
a. Narración del impacto de participar en un proyecto interdisciplinario sobre mi formación filosófica	20
b. Análisis de la contribución de mi formación filosófica sobre mi capacidad para participar en un proyecto interdisciplinario	23
Bibliografía	28

Título del proyecto: La diferencia entre ciencia y tecnología

Objetivo:

Describir la función dentro del servicio social que cumplí con mi asesora la Dra. Nydia Lara Zavala y describir el proceso que dio lugar a la creación, primero del capítulo en libro, y después del artículo académico “La diferencia entre tecnología y ciencia”, detallando sus antecedentes, su justificación, su propósito y su posterior incorporación y publicación. Dicho artículo ha sido realizado dentro del marco del programa de Servicio Social con clave 2011-12/81-468 de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, también válido para la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.

Síntesis:

Al comienzo se explicarán los antecedentes, la justificación y el propósito de hacer un libro dentro del cual se incorporará el artículo en cuestión (como capítulo). Es un libro de texto destinado a acompañar la materia de Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología, impartida en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Se describirán los objetivos generales del equipo encargado de la realización del libro, la distribución de los temas a tratar, y la relevancia del artículo mencionado dentro de ese contexto. Se describirá el proceso de formación del artículo: desde los criterios para las fuentes de información hasta las correcciones realizadas para su publicación. Se describirá la manera en que una revista arbitrada e indexada en REDALYC, CLACSO, LATINDEX y CLASE (UNAM) aceptó publicarlo y se hará un análisis valorativo del trabajo realizado.

1. Antecedentes

- a. Descripción general de los antecedentes del proyecto de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ingeniería de la UNAM con clave 2011-12/81-468***

En 1967, el Ing. Javier Barros Sierra, entonces Rector, solicitó al Maestro Marco Aurelio Torres para que lo ayudara a organizar lo que hoy se conoce como la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ingeniería. La labor de esta División, desde su origen, ha consistido en ofrecer a los estudiantes de ingeniería una serie de materias humanísticas con el propósito de completar su formación técnica con un nivel más alto de cultura y capacidad reflexiva.

Las materias que hoy en día son impartidas en dicha división son las siguientes: *Introducción a la Economía, Literatura Hispanoamericana Contemporánea, Ética Profesional, Cultura y Comunicación, Recursos y Necesidades de México, Análisis Económico Empresarial, Temas Selectos de Ingeniería y Filosofía de la Ciencia y la Tecnología.*

En un principio, *Introducción a la Economía, Recursos y Necesidades de México, Ética profesional y Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología* eran materias obligatorias. Pero con la modificación de los programas de estudio, *Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología* acabó siendo una materia optativa e incluso estuvo a punto de ser eliminada de no ser por el esfuerzo de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. Aunque esta materia es de suma importancia para la formación de los ingenieros, no tiene la reputación que debería de tener en la Facultad de Ingeniería. Esto no es ninguna sorpresa, y se podría atribuir a dos razones principales: 1) Para la mayoría de las personas (e incluso para algunos filósofos), no está claro cuál es la utilidad de la filosofía en general y, dada la mentalidad pragmática que suele predominar en los ingenieros, la pregunta por la utilidad de la filosofía se responde o bien dogmáticamente, diciendo que la filosofía consiste en una serie de cosas bonitas que decir sobre el mundo, pero que no tiene repercusiones prácticas; o bien la pregunta no se considera en absoluto. 2) La filosofía de la tecnología es una rama de la filosofía relativamente joven, lo cual implica que la cantidad de investigaciones que responden a los intereses o necesidades particulares de los ingenieros es muy reducida.

b. Explicación de cómo el proyecto mencionado ayuda a crear un nuevo programa para la materia Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología y justificación para crear dicho programa

¿Qué utilidad podría tener la impartición de un curso sobre temas de filosofía de la ciencia y la tecnología en la carrera de ingeniería? Una respuesta clásica, que sirve para introducir la filosofía como materia en cualquier carrera consiste en sacar la carta ética y decir que la

filosofía, al hacernos reflexionar sobre nosotros y nuestras acciones, nos convierte en mejores personas y que es muy conveniente que estudiantes cuyas acciones tendrán en el futuro alguna repercusión en el mundo tengan la capacidad crítica suficiente para no cometer acciones impugnables.

Por más que sea este un lugar común, es importante comprender que hay desarrollos tecnológicos que representan una amenaza no sólo para la humanidad sino incluso para el planeta entero. Muchos de ellos nos afectan en la actualidad y han dado lugar a fenómenos que hay que tratar de neutralizar. Otros están por venir y habría que tratar de anularlos antes de que nos afecten. Sin embargo, un ingeniero sin una capacidad autónoma y reflexiva de autocrítica es incapaz de evaluar objetivamente sus propias acciones. Si el ingeniero es incapaz de entender las consecuencias de sus contribuciones, no ayudará mucho al desarrollo social, y seguirá fomentado la irresponsabilidad con la que hasta la fecha nos hemos conducido en el planeta al no prever las catástrofes que pueden ocasionar las innovaciones tecnológicas al ser insertadas en el mundo.

Así que el argumento clásico toca un buen punto, pero el proyecto formado por la Dra. Nydia Lara Zavala va más allá. Esto es evidente al asistir a las clases que da en la Facultad de Ingeniería y al platicar con ella acerca del libro de texto que quiere elaborar como base de apoyo. Se trata de otorgar herramientas conceptuales para que los ingenieros entiendan en un nivel abstracto lo que están haciendo y que puedan relacionar sus métodos y técnicas con las teorías científicas en las que se están basando para llevar a cabo sus objetivos. Además, se trata de darles la capacidad analítica para diferenciar teorías científicas de teorías pseudo-científicas, emprender investigaciones por su cuenta y evitar que tengan confusiones lógicas o conceptuales. Hablaremos con más detalle de este tema más adelante.

En cuanto a la falta de material de texto, la Dra. Nydia Lara Zavala ha encontrado conveniente que no solamente compilemos y traduzcamos textos de autores recientes y del pasado, sino que por nuestra cuenta investiguemos los problemas actuales de la tecnología, encontremos problemas o confusiones a los que puede responder la filosofía, y redactemos artículos que formen parte del libro de texto. La tecnología está en permanente cambio y hace que nuestros conceptos en torno a ella sean dinámicos, lo que nos obliga a hacer investigaciones filosóficas constantemente.

En resumen, el objetivo del proyecto es reconstruir diversas tesis e ideas filosóficas estrechamente relacionadas con los temas del trabajo ingenieril, de manera que se pueda comprender que las cuestiones relacionadas con la filosofía de la ciencia y la tecnología no representan un simple adorno cultural intrascendente, sino un

entrenamiento conceptual y analítico que no sólo es deseable para el éxito que ellos tengan, como individuos, a lo largo de su formación, sino necesario para la sociedad a la que directamente afectan.

c. Descripción de las necesidades a que responde el proyecto 2011-12/81-468 de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y explicación de la simetría con sus objetivos

La cuestión de las necesidades a que responde este proyecto puede ser evaluada desde dos parámetros: la necesidad de la sociedad en general de que los ingenieros tengan una formación filosófica, y la necesidad que tienen los ingenieros de las herramientas conceptuales que otorga la filosofía para hacer más efectivas sus investigaciones. Comenzaremos por la necesidad social de tener ingenieros con una formación sólida y reflexiva.

Al ingeniero se le educa para que sea capaz de solucionar los problemas técnicos que requiere el desarrollo social. Sin embargo, una formación puramente ingenieril no le proporciona las herramientas conceptuales suficientes para que pueda también percatarse de que muchos de los desarrollos técnicos que elabora para dar solución a los problemas que enfrenta no son neutros: tienen repercusiones de todo tipo para la sociedad y para el medio ambiente. Resulta irónico el hecho de que las personas que ocasionan quizá el mayor impacto en el desarrollo del futuro (pues nuestras tecnologías modifican nuestra economía, nuestras políticas, nuestras formas de vida, el medio ambiente, etc.), suelen a la vez tener un rango de visión muy limitado en cuanto a la relación de su trabajo con los diversos aspectos del mundo. Al ingeniero rara vez se le capacita para entender las relaciones externas de sus elaboraciones, o para adoptar una postura analítica sobre los problemas inmersos en las mismas herramientas que utiliza como instrumental cognoscitivo para obtener sus desarrollos técnicos. Es urgente que el ingeniero cuente con una visión más global que le permita entender la función de su trabajo dentro de un sistema universal.

El ingeniero debe ser capaz de cuestionar los límites, alcances y problemas del instrumental cognoscitivo y práctico que utiliza en aras de prevenir desastres ocasionados por sus propios desarrollos o incluso con el fin de emprender investigaciones que solucionen los problemas reales de la humanidad. Esto no lo puede adquirir ni en las clases técnicas que se le imparten ni en los libros de texto que utiliza. La crítica metodológica en torno a los límites, alcances y problemas de la ciencia y sus aplicaciones sólo la puede adquirir mediante el análisis filosófico, ya que es característico de esta actividad el reflexionar sobre dichos temas.

En cuanto a la formación personal del ingeniero (la que se ciñe a su éxito en cuanto solucionador de problemas y no como miembro de un sistema más grande), la importancia del acercamiento a la filosofía por parte de los estudiantes de ingeniería también consiste en que ello les permite reconocer los peligros inherentes a su propia actividad. La filosofía ha hecho grandes aportaciones en cuanto a la descripción del método científico y a las distinciones entre lo que es ciencia y pseudo-ciencia. Si bien no hay un consenso general de qué es la ciencia y qué es lo que la distingue de otros tipos de discurso (quizá no se pueda llegar a una conclusión absoluta), el simple hecho de estar metido en el debate ya constituye en sí una disposición reflexiva suficiente para ser capaz de valorar una teoría científica.

Sin filosofía es difícil que un ingeniero cuente con la formación necesaria para distinguir entre ciencia y pseudo-ciencia. Además, la filosofía, con su preocupación por la lógica del lenguaje, otorga hoy en día muy buenas herramientas para distinguir preguntas de pseudo-preguntas. Un ingeniero podría no darse cuenta de que está emprendiendo una investigación imposible, puesto que el problema o la pregunta a la que pretende responder correría el riesgo de ser un sinsentido. Un ingeniero que no está preparado para evaluar teorías científicas o que es propenso a tener confusiones conceptuales, muy fácilmente puede prestarse a desarrollar tecnologías con desastrosos efectos secundarios, perderse en laberintos teóricos que no tienen salida o llevar su investigación hacia cuestiones que sólo responden a enredos abstractos y que resultan en grandes despilfarros de dinero y esfuerzo, aunque con cierto análisis lógico se hubiera logrado predecir que iban a terminar por fracasar.

La idea del proyecto formado es brindarle al ingeniero las herramientas conceptuales para que sepa, entre otras cosas, discernir acerca de la diferencia entre ciencia y pseudo-ciencia, y tenga claridad en cuanto a los límites de sus herramientas cognoscitivas, además de proporcionarle criterios para juzgar las consecuencias de sus futuros proyectos y elaboraciones. Con el fin de alcanzar dichas metas se requiere disponer de ciertas bases filosóficas, pues es gracias a ellas que reflexionará sobre su propia disciplina y sobre las repercusiones externas que su trabajo a menudo conlleva. Es por esto que un curso que involucre tanto temas de ética profesional como de filosofía de la ciencia y la tecnología, que esté apoyado en un libro de texto que discuta, desde el plano ético hasta el técnico, el nivel de neutralidad de la tecnología, la relación entre tecnología y ciencia, los criterios que hacen válida una teoría científica, el papel y la interpretación de los instrumentos de medición, y muchos temas más, es importante para la carrera de ingeniería.

2. Elaboración

a. Descripción del libro de texto como base del proyecto

El libro de texto planeado como base de apoyo para la materia llamada *Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología* consiste en una recopilación de textos, viejos y nuevos, algunos de los cuales hemos traducido por nuestra cuenta, combinados ordenadamente con textos redactados por nosotros mismos. En términos generales, la idea es que el libro explique qué es la filosofía de la ciencia, mencione varias definiciones del método científico e introduzca los problemas de la tecnología, para después poner en relación la ciencia y la tecnología. Posteriormente discute varios temas contemporáneos de la ciencia (como los debates entre el realismo y el instrumentalismo) que, en nuestra opinión, no pueden ser discutidos sin entender antes los problemas filosóficos actuales de la tecnología, la función que la tecnología desempeña en la ciencia y viceversa.

TEMARIO DE LA ANTOLOGÍA DE TEMAS SELECTOS DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

1. Introducción
2. ¿Qué es y para qué sirve la filosofía de la ciencia?
3. Problemas para definir 'ciencia'
4. Criterios para caracterizar a la ciencia
5. Los problemas del empirismo
6. ¿Hay filosofía de la tecnología?
7. Características de la tecnología
8. Diferencia entre ciencia y tecnología
9. Relación entre ciencia y tecnología
10. Medición
11. ¿Son propiedades las medidas?
12. Observables e inobservables
13. Realistas e instrumentalistas
14. Teorías científicas
15. Experimentación
16. Explicación científica
17. El papel de las definiciones como ordenadores de los datos empíricos
18. Conflictos entre predicción y eficiencia
19. Responsabilidad de la tecnología para la coherencia teórica
20. Los objetos conceptuales de la ciencia y la tecnología
21. Objeto científico y ruido

22. Descubrimiento y tecnología

En otras palabras, las discusiones contenidas en los temas 6-10 del índice son necesarias para entender las respuestas que se dan a las preguntas planteadas en los apartados que van desde el 11 hasta el 22. Esto está justificado porque, como hemos dicho antes, la innovación tecnológica dinamiza los conceptos a través de los cuales entendemos la ciencia. Por ejemplo, los nuevos aparatos de detección tecnológica han modificado radicalmente nuestro concepto de observación. Esto afecta la discusión sobre entidades observables e inobservables e indirectamente el debate entre instrumentalismo y realismo (puesto que estas posturas –en especial la instrumentalista– suelen estar comprometidas con alguna clase de distinción entre lo que es observable y lo que no para dar pie a su discurso).

b. Justificación de la decisión de redactar nuevas propuestas para ser incorporadas en el libro de texto

Una alternativa que teníamos para construir el libro de texto consistía en elaborar un índice con los temas pertinentes, recopilar buenos artículos que correspondieran con ellos y traducirlos, en el caso muy probable de que estuvieran escritos en inglés. Sin embargo, vimos que los textos que nos gustaban estaban escritos de una manera demasiado pesada y compleja para un estudiante de ingeniería. La tarea de traducir y simplificar al mismo tiempo nos pareció mucho más ardua (y peligrosa, pues fácilmente se podría caer en un extremo y poner palabras en la boca de un autor, o caer en el otro y hacer algo parecido al plagio) que la tarea de redactar artículos por nuestra cuenta, basándonos en los textos que habíamos recopilado.

c. Explicación de las razones para seleccionar el tema de la diferencia entre ciencia y tecnología y descripción de su función dentro del marco general del proyecto

Como hemos dicho anteriormente, los colaboradores del libro de texto mencionado creemos que no es factible dar una respuesta satisfactoria a los problemas contemporáneos de la ciencia o de la tecnología sin antes hacer un análisis acerca de la relación entre ellas. Ahora bien, la relación entre ciencia y tecnología, como he aclarado en el artículo que yo he realizado y que será anexado a este informe, puede ser estudiada desde diferentes ángulos. La historia de la ciencia y la sociología tienen mucho que decir. Y hay un gran debate acerca del nivel de dependencia entre ciencia y tecnología. Sin embargo, si

hay algo que es evidente al leer varios autores de diversas disciplinas es que no hay un consenso entre lo que se va a entender por ciencia y lo que se va a entender por tecnología. En muchos casos no puede haber una discusión interdisciplinaria fructífera puesto que de entrada no están bien determinados los conceptos.

Hay quienes hablan de la tecnología como si el concepto abarcara solamente los productos finales de una elaboración técnica. Hay quienes hablan de la tecnología como un proceso mucho más grande, que va desde las condiciones materiales, pasando por los procesos de investigación y fabricación, hasta la formación del producto. Hay quienes están entre estos dos extremos. Lo que es evidente es que hace falta cierta claridad conceptual. Algunos autores incluso se han quejado de que la filosofía no ha aportado criterios sólidos para delimitar los conceptos en cuestión, y critican la visión dogmática que ha dado la filosofía, según la cual la ciencia se encarga de describir el mundo o de descubrir la verdad y la tecnología es la puesta en práctica de la ciencia para fines particulares.

Una de las tareas más importantes de la filosofía radica en establecer relaciones lógicas entre conceptos. Esta tarea es de gran ayuda para el estudio interdisciplinario. En el caso que nos concierne, parecía urgente establecer una relación entre ciencia y tecnología que se mantuviera en un plano conceptual. Sin embargo, al querer establecer una relación entre A y B, uno se da cuenta de que es imposible describir dicha relación sin antes entender la diferencia entre A y B. Aunque muchos filósofos han escrito sobre las distintas formas de dependencia entre ciencia y tecnología, pocos se han encargado de esclarecer qué es lo que marca la diferencia entre ellas (quizá porque algunos, al estudiar el proceso histórico que comparten y la forma en que operan hoy en día, piensan que ya no se pueden diferenciar en la realidad, pero es importante recalcar que la idea es mantenernos en un nivel conceptual o inclusive normativo). Así, elegí hacer un artículo sobre la diferencia entre ciencia y tecnología porque daba la impresión de que era el primer tema que había que tener claro antes de discutir la cuestión de la relación entre ambas. Y, a la vez, me interesaba la cuestión de la relación entre ambas porque, como se ha dicho anteriormente, hay que entender esto para empezar a entender los problemas contemporáneos de la filosofía de la ciencia.

Pero fuera de las razones de interdisciplina y aportación académica (que serán discutidas más adelante, cuando hablemos de la publicación en una revista), hay que discutir la importancia del asunto dentro del contexto pedagógico de un libro de texto. Es muy importante para los ingenieros el ir entendiendo a lo largo de su formación filosófica los puntos donde se cruzan los problemas de la filosofía de la ciencia con su trabajo. Antes de abordar ciertos temas, que en un principio podrían parecer completamente desligados de sus

intereses, es recomendable que los ingenieros reflexionen sobre las afinidades y discrepancias entre una investigación científica y una tecnológica. Ello les permite reconocer en qué medida algunos de los problemas centrales de la filosofía de la ciencia son problemas a los que también ellos se han de enfrentar como estudiantes e incluso como investigadores e innovadores técnicos. Además, como hemos dicho antes, muchas de las posturas que se asumen frente a los temas que toca la filosofía de la ciencia están conectadas con diversas formas de entender las relaciones que guardan entre sí la ciencia y la tecnología. Una de las razones por las cuales a los ingenieros no les interesa el análisis crítico de los límites y alcances del pensamiento científico es que suelen partir (probablemente de manera inconsciente) de, como la nombro en mi artículo, la visión Baconiana de la ciencia y la tecnología. Tal visión consiste a grandes rasgos en una completa despreocupación por las descripciones verdaderas de la realidad o lo que llama Beltrand Russell “the particular go of things”, al creer que una investigación, tanto científica como tecnológica, debe ser evaluada exclusivamente de acuerdo a la medida en que nos permite hacer innovaciones prácticas e incrementar nuestro grado de control sobre el mundo.

Otros ingenieros podrán tener (quizá también inconscientemente) una visión opuesta, según la cual la tecnología está al servicio de la ciencia, que se encarga de elaborar teorías verdaderas de la realidad para así marcar el camino que debe seguir el tecnólogo. En ambos casos, el efecto en el estudiante es el mismo: un desinterés absoluto hacia el análisis reflexivo de la ciencia y la tecnología. Si creen que una teoría científica solamente es exitosa si puede proporcionar bases para fomentar desarrollos prácticos, es difícil que encuentren tanto la argumentación científica como la argumentación filosófica en torno a la ciencia interesantes. Si se creen los humildes servidores de la ciencia, y piensan que la ruta de sus investigaciones ya está dada por los científicos, es difícil que asuman el compromiso de entrar en los debates abstractos que se les ofrecen en una materia de filosofía. Por eso es importante ayudar a que tengan conciencia sobre su propia postura frente a las relaciones que guardan entre sí la ciencia y la tecnología y que sean capaces de dialogar y ser autocríticos. No todos llegarán a la misma conclusión, ni se trata de que todos acepten la propuesta que redacto en mi artículo, pero habrán hecho un ejercicio reflexivo que les permitirá discernir las razones por las que algunos de los temas contenidos en el libro les interesan y otros no.

d. Detalles sobre la búsqueda de fuentes de investigación

Hay dos libros principales que determinaron el resto de mi

bibliografía y que fueron recomendados por mi asesora: el libro de Samir Okasha, *Philosophy of Science. A very Short Introduction*, y la antología de Robert Scharff y Val Dusek, *The Technological Condition*. El primero es una introducción extremadamente sencilla y bien escrita. Además de que el estilo del libro es tan pedagógico que parece un libro para niños, un filósofo se entretiene enormemente al leerlo e incluso, quizá por el nivel de sencillez y claridad con el que está escrito, encuentra nuevos ángulos y ve problemas que ya conocía desde distintas perspectivas. A mí me fue de gran ayuda este libro al enfrentarme al problema de definir la ciencia. Mi convicción personal es que la ciencia es un proceso dinámico e indefinible, que varía según los cambios en nuestros valores y según vayan evolucionando nuestros desarrollos técnicos; pero yo concluí eso después de leer *Razón, Verdad e Historia* de Hilary Putnam, y después de haber leído y entendido los problemas de las definiciones de varios autores. ¿Cómo explicar a un alumno de ingeniería, primero la necesidad de definir el método científico que ha existido en la filosofía, hacer un resumen de los distintos intentos y sus problemas, y concluir con que hay que tener enfoques distintos, todo ello sin llevarlo a un mar de confusiones? El libro de Okasha tiene un capítulo en el que, de una manera brillante y sencilla, da una visión panorámica en la que se explica la curiosidad por la esencia del método científico, se dan un par de ejemplos de autores que han tratado de definir lo que es la ciencia y se encuentran problemas dentro de tales definiciones, concluyendo con una cita de Wittgenstein cuestionando el propósito de definir un proceso tan complejo. Esta es una versión algo superficial de la historia que nos ha llevado hasta el debate contemporáneo, pero es suficiente para la elaboración de material didáctico. Yo redacté una versión parecida a la de Okasha en mi artículo, solamente que aporté un par de ejemplos más y concluí con una cita de Dewey (quien escribe con un lenguaje más accesible a tecnólogos) en vez de Wittgenstein. Mi planteamiento también es bastante superficial, pero hice ligeros cambios que le dan un tono más argumentativo. Pero fuera del contenido, fue sobre todo el estilo de Okasha lo que me marcó y me hizo poner todo mi esfuerzo en tratar de explicar problemas complejos de una manera simple y clara.

El segundo libro es una antología de textos de filosofía de la tecnología (y de la ciencia en cuanto tiene que ver con ella) desde Platón hasta autores contemporáneos como Mario Bunge. Casi todas mis fuentes vienen o bien de textos contenidos en esa antología o bien de artículos o libros que fueron citados dentro de esos textos y que yo busqué por mi cuenta. Dentro de esta antología, casi nadie aborda directamente el tema de las diferencias entre ciencia y tecnología, aunque muchos dejan translucir la concepción que tienen al respecto al hablar de su relación.

Bacon y Aristóteles representan puntos opuestos de entender estas diferencias (de hecho Bacon parece incluso negarlas), pero si de algo me di cuenta al leer a la mayoría de los autores contemporáneos, fue que se podían clasificar como aristotélicos o baconianos, porque siempre partían de un extremo u otro del mismo esquema. Por ejemplo, Bunge caracteriza a la ciencia por su preocupación por lo verdadero y lo universal y a la tecnología por su indiferencia por las descripciones reales del mundo y su modo de operar pragmático. Gribbin, al contrario, cree que la ciencia no tiene nada que ver con cómo se comporta de hecho la realidad sino que se encarga de crear modelos instrumentales de predicción, y que la predicción y el control del futuro son lo único que justifica a una teoría científica.

Usé a Bacon y Aristóteles, así como a algunos autores contemporáneos incluidos en esta antología, para ilustrar lo que en mi artículo llamo las dos visiones clásicas y antagónicas de la diferencia entre ciencia y tecnología. Después encontré, buscando en internet, un artículo de David Gruender que trataba directamente sobre la diferencia entre ciencia y ciencia aplicada y que mencionaba la idea de que no se trataba de una diferencia categórica sino gradual. La forma de encarar el problema de Gruender y las herramientas conceptuales que usa para dar expresión a sus ideas fueron fundamentales para la creación de mi artículo.

Como hemos mencionado repetidas veces, al leer sobre el tema de la ciencia y la tecnología, uno se da cuenta de que, si bien muchos autores discuten varias cuestiones en torno a los niveles de su mutua dependencia, no se encargan de manera directa o consciente de aportar un criterio para distinguirlas conceptualmente. Quizá en muchos se deba a la suposición de que las diferencias son tan obvias que no vale la pena mencionarlas. Este podría ser el caso si se tiene una concepción muy restringida de la ciencia y la tecnología, y se las identifica con el producto final del proceso de investigación. En tal caso la diferencia es evidente: la ciencia hace teorías y la tecnología hace productos nuevos. También podría pensarse que existen miles de diferencias obvias si se tiene una concepción demasiado extensa, pues se pueden encontrar muchos detalles histórico-sociales e institucionales que las distingan. Yo tenía la seguridad de que había una pregunta interesante sobre la diferencia entre ciencia y tecnología, pero no sabía de qué manera definir los términos para que tal pregunta representara un problema legítimo y tuviera un sentido.

Tal problema hubiera sido extremadamente difícil de resolver de no ser por el artículo de Stephen Kline, *What is Technology?*, contenido en la antología mencionada. Kline explica los problemas de definir la tecnología y, en lugar de argumentar por la aceptación de una sola definición, en nombre de la claridad conceptual, hace un esquema de las diversas formas de definir la tecnología. Dentro de ese

esquema, encontré el modelo de tecnología que buscaba y que conectaba perfectamente con la relación problemática que yo quería establecer con respecto a la ciencia: lo que Kline llama la concepción de la tecnología como una forma de investigación. Puse casi todas las formas de entender la tecnología que son mencionadas en el artículo de Kline y, en lugar de argumentar por qué una es mejor que la otra (tarea, por otro lado, imposible), expliqué por qué una sincronizaba mejor con mi investigación y con mi forma de plantear el problema.

Al final de este informe se detalla la bibliografía completa.

e. Descripción del proceso de redacción del artículo que el presente alumno hizo como contribución al proyecto

1) *El esfuerzo de hacer una introducción donde se delimiten los objetivos y las preguntas y a la vez se muestre cómo se sitúan dentro del marco general de una discusión interdisciplinaria*

Un alumno de licenciatura en filosofía suele estar acostumbrado a redactar trabajos para un cierto lector. Tal lector casi siempre es su maestro, es decir, un filósofo con más experiencia que él, por lo que no es necesario hacer introducciones pedagógicas que muestren la relevancia del tema, la importancia de dar una respuesta a ciertas preguntas, y cómo los problemas planteados se sitúan dentro de un panorama global de investigación. En general no es necesario convencer al maestro de que analizar el tema en cuestión sirve para algo, puesto que ya conoce las conexiones entre preguntas filosóficas determinadas y preguntas de mayor alcance conceptual. Sin embargo, al redactar este artículo tuve que comprender que no estaba elaborando un trabajo para filósofos: mis lectores iban a ser ingenieros en el caso de una versión del artículo, y gente de otras varias disciplinas en el caso de mandarlo a una revista. Por lo tanto, tenía la necesidad de redactar una introducción que situara al lector dentro del contexto de las preguntas planteadas y explicara su relevancia dentro de un marco de investigación mucho más grande. No podía empezar el texto asumiendo que los problemas que quería analizar eran evidentemente interesantes e importantes. No podía empezar el texto con una pregunta (¿cuál es la diferencia entre ciencia y tecnología?) y partir de ahí.

A decir verdad, la introducción fue la parte más difícil y frustrante de la elaboración de mi artículo. En los primeros intentos, hablaba sobre las discusiones actuales en ciencias sociales y explicaba por qué para discutir los problemas de la ciencia y la tecnología sin entrar en enredos abstractos se necesitaba analizar su diferencia en un nivel conceptual. Tales intentos de introducción confundían todavía más al lector, y ciertas versiones incluso confundieron a mi

asesora y a mis compañeros. La mejor solución que pude encontrar consistió en entrar con el lugar común de afirmar que la ciencia y la tecnología han sido determinantes históricos, especialmente en los últimos siglos, y que por lo tanto vale la pena reflexionar sobre ellas. Después doy varios ejemplos de preguntas interesantes, cuya importancia parece ser autoevidente una vez que se acepta la premisa de que los fenómenos tecnológicos y científicos merecen cierta atención, y explico cómo dichas preguntas se conectan con preguntas más específicas que pertenecen a varios campos de investigación y pueden ser contestadas por distintas disciplinas. Una vez aclarado esto, argumento que esas preguntas, a su vez, se conectan con preguntas que están en un plano más abstracto y conceptual y que pertenecen, generalmente, al campo de la investigación filosófica. Caricaturizando un poco mi introducción, diría que ésta consiste en convencer al lector de tres cosas: 1) La ciencia y la tecnología importan. 2) Hay disciplinas que estudian sus relaciones y tratan de dar respuestas a problemas que es necesario resolver para contestar preguntas que cualquier persona reflexiva se podría hacer. 3) La filosofía puede ayudar a clarificar la discusión interdisciplinaria.

Sin embargo, y aquí hablo exclusivamente de la introducción contenida en la versión para el libro de texto de alumnos de ingeniería, yo quería introducir el tema con algo que era demasiado difícil de redactar en términos no ofensivos. Voy a tratar de escribir lo que quería decir, redactando mis pensamientos en bruto: “Eres un ingeniero y sé que no te importa la filosofía. Pero te importan la ciencia y la tecnología y, por lo tanto, te debería interesar el análisis de sus relaciones. Además, probablemente tu desinterés por la filosofía depende de una concepción pragmática previa sobre la relación entre los distintos saberes como la tecnología, la ciencia y la filosofía; pero no has analizado conscientemente esa concepción sino que la has heredado de tu sociedad, sin darte cuenta de que las ideas que dieron lugar a esa concepción no definida y borrosa que tú tienes vienen, si rastreas la línea de pensamiento hasta Bacon o incluso antes, de la misma filosofía. Pero este artículo te va a mostrar por qué la concepción baconiana está mal y por qué deberías reconsiderar si te interesan las preguntas filosóficas.” Pero obviamente no lo podía poner así o de manera similar, y mis intentos de poner las cosas de manera menos desagradable (por ejemplo, no acusando al lector de entrada de que, al ser ingeniero, no le importa la filosofía), daban lugar, de nuevo, a introducciones confusas. Así que opté por dejar la misma introducción que había hecho para la discusión interdisciplinaria, con la esperanza de que los estudiantes de ingeniería tuvieran la buena voluntad de interesarse en ella.

2) *Esbozo general de la estructura del texto, los problemas planteados y las respuestas presentadas*

Después de la introducción mencionada, donde se explica la relevancia de la pregunta por la diferencia entre ciencia y tecnología, se discute cómo se van a entender dichos términos. Primero menciono los problemas de definir la ciencia. Doy un par de ejemplos donde intento diferenciar lo que caracteriza al método científico, para mostrar que se trata de una tarea difícil, y luego cuestiono la necesidad misma de definir un proceso dinámico y complejo, argumentando que en todo caso una buena definición de lo que es la ciencia tiene que partir de un análisis de sus relaciones con la tecnología y no viceversa. Después detallo la problemática que hay en torno a cómo ha de ser entendido el término “tecnología”. Expongo distintas formas de usar el término y explico por qué es conveniente en el contexto de mi artículo hablar de la tecnología como un saber o un proceso de investigación necesario para llegar a ciertos conocimientos prácticos.

Una vez que ha quedado claro que voy a hablar de la ciencia y la tecnología en tanto que formas de indagación, describo dos visiones opuestas y predominantes (cada una en sus respectivos ámbitos de trabajo y estudio), cuyas ideas generales pueden ser rastreadas hasta Bacon y Aristóteles. Discuto las tesis de cada una de estas visiones y doy ejemplos de autores contemporáneos que (si bien cambian de retórica) parecen situarse dentro de alguno de los dos discursos. Después argumento en contra de ambas posturas presentando una serie de contraejemplos basados en descubrimientos científicos y desarrollos tecnológicos.

Posteriormente, presento una propuesta; una forma gradual de entender la diferencia entre una investigación científica y una tecnológica que no está basada en los conceptos de verdad, universalidad, control o practicidad, sino en el nivel de restricción que se da entre las metas y la amplitud de la investigación. Finalmente, muestro cómo se aplica este criterio en diversos casos y describo cuáles son sus ventajas.

He aquí la lista de los apartados del artículo en orden:

1. Introducción
2. Los problemas para definir la ciencia
3. Los problemas de definir la tecnología
4. La respuesta aristotélica
5. La respuesta baconiana
6. Los problemas de la concepción aristotélica y la baconiana
7. La diferencia entre tecnología y ciencia

3. Proceso de publicación

a. Descripción de las dificultades de elaborar y seleccionar una versión del texto que se acople a los criterios y propósitos de una institución

1) Crear una versión del artículo con fines pedagógicos que sirva como capítulo de libro de texto

Cuando mi asesora solicitó que redactara un artículo me pidió que seleccionara uno de los temas del índice que habíamos creado ella y los demás miembros del proyecto para estructurar el libro de texto destinado a apoyar su clase en la Facultad de Ingeniería. Nos comentó, al mismo tiempo, que deseaba que nuestros artículos fueran dignos de ser publicados por revistas arbitradas e indexadas. Primero pensé que las versiones que hiciera del artículo podían ser casi idénticas en ambos casos, pero después me di cuenta de que iba a tener que hacer modificaciones de estilo y estructura según el público para el que estuviera dirigido el texto.

Dirigir el artículo hacia estudiantes de ingeniería fue más difícil, puesto que el estilo debía ser mucho más pedagógico. No podía asumir nada acerca de su formación filosófica y, por lo tanto, no me podía dar el lujo de introducir términos filosóficos comunes para expresar mis ideas sin por lo menos plantear antes una explicación de su significado. Sin embargo, este es un ejercicio interesante, puesto que las ideas que uno puede expresar con palabras pertenecientes a la jerga filosófica sin ningún problema, de pronto parecen perder su atractivo y claridad al ser comunicadas mediante conceptos que en teoría cualquier persona debiera ser capaz de entender. Por ejemplo, yo tengo una tendencia a relacionar conceptos en términos de condiciones necesarias y suficientes, pero no puedo exigirle a un alumno de ingeniería que por su cuenta sepa manejar estas relaciones lógicas. Debido a ello, tuve que ser muy ilustrativo al establecer relaciones conceptuales y mucho más detallista con los ejemplos y contraejemplos de lo que se suele requerir en un texto destinado a filósofos. En lugar de aseverar lo que quería comunicar, en muchos casos tuve que mostrarlo. Ahora bien, en otros casos, como en el de establecer la diferencia entre ciencia y tecnología mediante propiedades graduales, no encontré cómo expresar las mismas ideas en palabras comunes y tuve que introducir términos específicos mediante ejemplos y definiciones.

En cambio, al analizar cuestiones concretas de tecnología, no solamente no tuve que ser pedagógico sino que tuve que investigar a fondo sobre el contenido de lo que estaba hablando, ya que no tengo una formación tecnológica muy sólida y un error en esas cuestiones

podría ser fácilmente notado por un ingeniero; y ese error, aunque se tratara de un detalle y no afectara mucho la argumentación principal del artículo, podría fácilmente distraer a los estudiantes y dificultar su aprendizaje.

Además de filosofía y tecnología, hablo mucho en mi artículo acerca de algunas ciencias. Supuse que el caso de la ciencia iba a ser parecido al de la tecnología; es decir, que mis lectores estaban mucho más versados en esos temas que yo y que incluso hubieran podido ser mis profesores. Sin embargo, mi asesora me explicó que, desgraciadamente, muchos de sus alumnos no sabían mucho acerca de “ciencias puras”. Así que en este caso me dispuse a hacer un poco de investigación (por fortuna mi formación científica no es tan mala como mi formación tecnológica), y además me esforcé por ser pedagógico. Esto fue difícil porque tuve que desglosar y simplificar ideas que apenas lograba entender.

2) Crear una versión del artículo con fines de aportación a la discusión académica que pueda ser publicada en una revista

Además de ayudar a los ingenieros a reflexionar sobre la relación entre ciencia y tecnología, quería de hecho decir algo que fuera, hasta cierta medida, filosóficamente interesante. A decir verdad, antes de iniciar la investigación del trabajo ya tenía preconcebidas las ideas que iba a aportar y tenía la intención de instruir y discutir para fomentar la capacidad reflexiva, pero no pensaba decir nada fuera de los lugares comunes de la filosofía. Iba a argumentar desde una clase de perspectiva aristotélica (si bien todavía no sabía que iba a encasillar las ideas que estaba por defender bajo esa categoría). Lo irónico es que las dificultades en torno a hacer una versión pedagógica del artículo fueron un factor importante para cambiar de perspectiva y dirigir mi investigación hacia otros rumbos. Pues, como he mencionado, tuve que reflexionar más sobre el significado de afirmaciones que en un léxico filosófico parecían evidentes pero que, bajo la lupa del lenguaje común, adquirirían otras formas. Pronto me di cuenta de que estaba haciendo caricaturizaciones absurdas, similares a aquellas de las que se quejan tanto los miembros de otras disciplinas que he mencionado anteriormente. Bajo un estilo simple y sencillo, afirmaciones sobre la ciencia y la tecnología que caracterizaban a una por la búsqueda de teorías verdaderas y a la otra por la indiferencia hacia la verdad y la preocupación por desarrollos técnicos concretos, se tornaban en aseveraciones transparentemente ingenuas.

Fue ahí cuando decidí buscar distintas concepciones y decidí leer lo que tenían que decir al respecto filósofos de carácter pragmatista como John Dewey. En Dewey se puede interpretar que no existe una separación categórica entre el método científico y el desarrollo

tecnológico. Pero son Gruender y Kline quienes ya hacen explícita la idea de una diferenciación gradual y quienes me dieron las herramientas para analizar el contenido de las posturas en discusión (como el análisis de las relaciones entre meta y amplitud), y las ideas de base para la propuesta final del artículo. Además, ya que no iba a descartar a la tecnología como una mera aplicación de los conocimientos científicos sino que iba a tener que admitir que era una rama del conocimiento situada en el mismo plano y con la capacidad de hacer investigaciones autónomas, tuve que investigar un poco sobre la historia del desarrollo tecnológico.

Cuando mi asesora leyó el artículo y me comentó que era adecuado, no solamente para ser parte de un libro de texto, sino para ser publicado en una revista indexada y arbitrada, pensé en escribir una versión completamente distinta. Sorprendentemente, no hizo falta llevar a cabo tantos cambios como había pensado. Mantuve el estilo ilustrativo aunque fue necesario quitar varios detalles dentro de los ejemplos concernientes a desarrollos tecnológicos para hacer la discusión interdisciplinaria más accesible; ayudé menos al lector con la introducción de términos filosóficos (por petición de la misma revista) y no me detuve tanto en descripciones de ejemplos sino que expresé de forma más directa las relaciones conceptuales que quería establecer.

b. El dictamen positivo

Cuando decidí que mi artículo estaba listo para ser evaluado, lo mandé a varias revistas de ciencias sociales y humanidades. Después de algunos meses, en la revista *Iberoforum*, revista que se encuentra indexada en REDALYC, CLACSO, LATINDEX y CLASE (UNAM), me anunciaron que había pasado por un Consejo Editorial y había aprobado los tres dictámenes ejecutados por los árbitros de la revista. Sin embargo, me hicieron algunas correcciones de estilo que me vi obligado a aceptar. En mi opinión sacrificaban un poco la claridad en favor de la elegancia. Yo tiendo a repetir muchas palabras, y no es tanto por falta de imaginación o vocabulario, sino porque intento que mis oraciones tengan el menor rango posible de significados, para evitar que el lector se confunda con las relaciones conceptuales que analizo. Sin embargo, decidí hacer las correcciones de estilo que me pedían y no fue tan grave como había pensado inicialmente: algunas oraciones se volvieron menos precisas, pero los puntos generales del texto todavía estaban relativamente claros. Además de eso, me hicieron correcciones de estructura donde, por ejemplo, me pedían que quitara las diferentes formas de entender la tecnología y que omitiera la argumentación para tomar una de esas formas (tecnología como saber) como punto de partida. Decir que iba a entender a la

tecnología como una forma de investigación, sin antes presentar el contexto de la descripción de las diversas formas de entenderla, no tenía mucho sentido. Tuve que cambiar algo la estructura del texto y contar con que mis lectores dedujeran por sí mismos las razones por las que no enunciaba simplemente las diferencias obvias como los productos finales de investigación (teorías y artefactos), o los detalles del contexto de descubrimiento (distintas formas de experimentación o elaboración de artefactos). Además, me pidieron que hablara un poco más sobre las definiciones de ciencia que se basan en el método científico. La parte de mi artículo en la que hablo de los intentos por definir el método científico es, a decir verdad, superficial. No pretendo probar nada sino dar un par de ejemplos de las dificultades a las que nos podemos enfrentar al tratar de encasillar a las diversas ciencias bajo una misma categoría. Es evidente que no doy ningún argumento ni refuto nada, sino que me baso en esos ejemplos para hacer una sugerencia. Podría haber presentado varias clases de definiciones, pero no contaba con el tiempo y espacio suficientes. Además, no me quedaba del todo claro a qué se referían con “definiciones que se basan en el método científico”. Lo interpreté como las definiciones que se basan en el contexto de descubrimiento, en oposición al de demostración. En dado caso, lo único que tuve que aclarar fue que no estaba en contra del intento por caracterizar la ciencia, sino de dar una serie de condiciones necesarias y suficientes que pretendieran definir el conjunto de las diversas ciencias dinámicas de manera incondicional y rígida. Mi sugerencia acabó siendo más o menos la misma en las dos versiones del artículo: que deberíamos empezar por explorar la relación entre ciencia y tecnología y luego empezar a considerar si es posible crear una serie de condiciones necesarias y/o suficientes para distinguir a la ciencia de otras disciplinas. Finalmente, reenvié el artículo con la mayoría de las modificaciones requeridas y con algunos argumentos de por qué algunas no eran aceptables y me informaron que lo aceptaban tal cual y me dieron la fecha de publicación.

4. Valoración crítica y Conclusión

a. Narración del impacto de participar en un proyecto interdisciplinario sobre mi formación filosófica

1) Cambios de perspectiva sobre la relación entre la filosofía y otras disciplinas

Durante casi todos los años que he estudiado filosofía, había pensado que la filosofía solamente tenía la tarea de analizar el lenguaje; en especial, de establecer relaciones de posibilidad y necesidad entre

diferentes conceptos. Las ciencias y algunas otras disciplinas respetables eran, según esta visión, incuestionables desde la filosofía. Solamente podían ser criticadas desde bases científicas, pero no desde la filosofía, pues la única tarea de la filosofía consistía en analizar lo que ya estaba dado por ellas. Así, la ciencia se encargaría de describir el mundo, y la filosofía de aclarar o de hacer un análisis lógico partiendo de esas descripciones, aunque nunca poniéndolas en duda desde bases filosóficas.

Después conocí a quien hoy es mi asesora, la Dra. Nydia Lara Zavala. La Dra. Nydia me impactó desde la primera vez que asistí a su clase de filosofía de la biología pues, teniendo un conocimiento profundo de varias ciencias, no tiene escrúpulos en criticar y descartar investigaciones científicas y tecnológicas actuales desde bases tanto científicas como filosóficas. Nuestras ideas chocaron desde el primer instante, porque yo pensaba que en realidad la filosofía no tenía mucho que decir sobre las investigaciones de otras disciplinas, sino que los rumbos que iban tomando debían dictarse desde sus parámetros internos y los frutos de sus investigaciones debían ser evaluados según el éxito que llegaran a tener, de acuerdo a cuánto cambiaran el entendimiento de los seres humanos o sus formas de vida (ya se trate de desarrollos científicos o tecnológicos); pero el análisis lógico del lenguaje solamente serviría para aclarar lo que ya se había logrado, nunca para criticarlo, guiarlo o modificarlo.

Sin embargo, la Dra. Nydia cuestionaba constantemente tanto investigaciones científicas y tecnológicas en desarrollo como los resultados de investigaciones relativamente terminadas, desde bases filosóficas: tal teoría partía de cierta premisa filosófica desdeñable, tal intento por desarrollar la tecnología buscaba la respuesta a preguntas que, analizadas bajo la lupa filosófica y el análisis estricto del lenguaje, no eran más que sinsentidos. Yo argumentaba que no importaban las bases filosóficas de las que partía un científico, sino los resultados que alcanzaba; si su esquema de pensamiento particular se comprometía con algunas premisas metafísicas extrañas, eso era aceptable si lo ayudaba a formular las teorías que buscaba. Después de todo, su interpretación del estado de cosas era irrelevante; lo que importaba era la evidencia que proporcionara y el lenguaje matemático mediante el cual describía y predecía. Tampoco estaba mal, decía yo, que los tecnólogos se basaran en metáforas raras para guiar sus investigaciones, pues si ellos mismos las entendían (por más que nosotros como filósofos no pudiéramos extraer un sentido), y las usaban como guías a lo largo de su trabajo, ¿no era excesivo pedirles que hablaran bien mientras, en la práctica, llegaran a donde querían llegar?

Fue después de un largo proceso de trabajo con la Dra. Nydia que empecé a vislumbrar la sabiduría detrás de sus críticas y

afirmaciones. Durante el proyecto nos reuníamos a menudo, y teníamos discusiones que iban en torno a varias ramas del conocimiento, en las que me fui dando cuenta de que, a pesar de ser yo quien tenía un enorme respeto por las disciplinas científicas, era Nydia la que tenía un enorme conocimiento sobre sus afirmaciones y sus métodos. Poco a poco me fue convenciendo de que algunas premisas metafísicas y expresiones metafóricas no eran siempre escaleras que se iban a acabar por tirar, sino laberintos sin salida. Es difícil explicar aquí cómo mi opinión fue cambiando, pues para ello, más que argumentos abstractos, se necesitaron cientos de ejemplos a lo largo de un año. Pero basta con decir que, después de haber trabajado en este proyecto, ya no comparto la visión según la cual no se puede criticar a las ciencias desde bases puramente filosóficas. No significa que ahora crea exactamente lo contrario; más bien es que me he dado cuenta de que no hay límites tan claros entre la filosofía y la ciencia. Hay casos paradigmáticos de preguntas filosóficas y de preguntas científicas (“¿qué es el ser?”, “¿cómo se forma una molécula?”), pero eso no implica que no existan muchos puntos en común (“¿el tiempo y el espacio son medios absolutos o estados particulares de relación?”). La idea según la cual una pregunta es filosófica si y sólo si puede ser contestada desde un escritorio y sin acudir a la experiencia carece completamente de fundamento. La filosofía debe estudiar otras disciplinas para ser más completa, pero también es su deber aportar herramientas conceptuales que ayuden a guiar el desarrollo de esas disciplinas.

2) Escribir artículos de actualidad filosófica que sean a la vez aptos para un público amplio

No es fácil discutir un problema actual de una manera accesible para personas que están fuera de los círculos filosóficos. Pues a veces es imposible entender qué es lo que se discute y por qué se ha llegado hasta ese punto si uno no se ha adentrado en la evolución de las ideas que se han ido debatiendo a lo largo de la historia de la filosofía. Sin embargo, quien hace un trabajo que trata sobre filosofía de la tecnología tiene una ventaja a la hora de conciliar la actualidad con la pedagogía, pues la historia de la filosofía de la tecnología es relativamente reciente (aunque de hecho se pueden sacar implicaciones o preconcepciones de autores antiguos y mostrar a que punto permean los discursos contemporáneos, como hice yo en mi artículo). Además, en mi caso, el tema era bastante restringido, pues no me puse a analizar las relaciones entre ciencia y tecnología sino simplemente las diferencias esenciales en sus modos de inquirir. Lo más difícil en mi caso no fue tanto exponer un mapa del transcurso de los debates históricos para señalar dónde entraba mi discurso sino

encontrar un estilo de expresión que no fuera demasiado técnico pero que a la vez pudiera decir algo distinto. Como he comentado antes, mi gran sorpresa fue que, al intentar poner en términos sencillos las concepciones que ya tenía, estas se fueron transmutando hasta desembocar en ideas completamente distintas. Fue un ejercicio de poner conceptos espesos y palabras rimbombantes bajo la lupa del sentido común y ver su ingenuidad de un modo transparente. El esfuerzo de exponer las cosas de una manera ilustrativa y sencilla me obligó a romper categorías preestablecidas y a entrar con una actitud fresca a estudiar casos concretos de la historia de la tecno-ciencia. Así, lo que al principio parecía incompatible se volvió armónico y las exigencias de la pedagogía se convirtieron en catalizadores de nuevas ideas.

No estoy diciendo aquí que piense que mi artículo sea completamente accesible (desearía tener un estilo tan lúcido como el de Okasha), ni que sea absolutamente nuevo (hay pragmatistas que han dado propuestas muy similares y que las han llevado mucho más allá, conectándolas con campos de investigación mucho más completos). Sin embargo, creo que logré deshacerme del lenguaje académico lo suficiente como para que un lector interesado no tenga que consultar un diccionario de filosofía para entender lo que estoy diciendo. Y creo que, si bien mis propuestas no son absolutamente nuevas y están basadas en cosas que ya se han dicho, la estructura del texto, la manera en que he abordado el tema, explorado las consecuencias de las respuestas dadas a mis preguntas y correlacionado y criticado discursos, presentado los ejemplos para ilustrar las propuestas dadas; todos estos aspectos han sido bastante originales.

b. Análisis de la contribución de mi formación filosófica sobre mi capacidad para participar en un proyecto interdisciplinario

1) Aspectos positivos de mi formación y la manera en que ella me permitió aportar conocimiento al proyecto en el que estuve involucrado

Al hablar de mi formación filosófica no me queda más remedio que hablar en concreto de los maestros que contribuyeron a su desarrollo, pues la facultad no ofrece (por fortuna) temarios rígidos y la formación de un alumno está sujeta a la manera de enseñar de cada maestro.

En primer semestre tomé una clase que determinó mis intereses filosóficos, mi forma de escribir y el modo de enfrentarme a los problemas de la filosofía. La clase se llamaba Introducción a la Investigación Filosófica y el maestro era el Dr. Axel Barceló Aspeitia.

Axel trataba los problemas filosóficos desde un ángulo para mí entonces nunca antes visto. No tenía idea de que se podía hacer filosofía así, analizando la lógica del lenguaje, relacionando conceptos en términos de condiciones necesarias y suficientes y buscando la claridad antes que nada. Fue entonces cuando vislumbré que la filosofía tenía una función mucho más seria de la que generalmente se le atribuía (Axel se burlaba de preguntas “domingueras”, tal como él las llamaba, como “¿qué es el ser?”, “¿por qué la vida?”, etc.). Después leí un ensayo suyo en el que defendía que el papel de la filosofía era básicamente establecer relaciones modales entre conceptos (investigar qué es posible y qué es necesario) o, puesto de manera más amena, jugar con combinaciones conceptuales y ver si se pueden formar oraciones que tengan sentido. Esta forma de ver las cosas ha sido una guía para mí durante varios años. Al dialogar con otros maestros y trabajar en este proyecto, he comprendido que la filosofía no se reduce solamente a eso y que, como he comentado más arriba, también tiene la importante función de crear puentes entre distintas disciplinas; pero sigo teniendo un punto de vista muy parecido al del Dr. Axel Barceló (por lo menos del que escribió ese artículo, no estoy seguro de qué piense ahora).

El Dr. Barceló me introdujo a la filosofía “analítica” de una manera amena y envolvente. Además, sus consejos sobre cómo ser claro a la hora de redactar y los comentarios de estilo que hizo a mis trabajos nunca los he olvidado. Su clase me motivó a tomar los problemas filosóficos en serio y a escribir con la mayor claridad posible. Es una lástima que en la facultad esa materia no se lleve todos los semestres, pues estoy seguro de que la calidad de los trabajos de filosofía entregados por los alumnos (suponiendo que la clase fuera impartida por un profesor medianamente tan bueno como el que yo tuve) aumentaría en un cien por ciento.

He mencionado al Dr. Axel porque fue un factor determinante en mi manera de abordar preguntas y en mis esfuerzos por escribir con mayor claridad y elegancia. Sin embargo, hay otros maestros que tuvieron un impacto similar en otros aspectos. El Dr. Ricardo Sandoval me dio una clase sobre filosofía de la ciencia y me impresionó con su conocimiento interdisciplinario y su apertura al diálogo. Yo llegué a su clase solamente habiendo leído a positivistas lógicos. El Dr. Sandoval, por supuesto, sabía ver los problemas de la ciencia de manera más amplia e interdisciplinaria. Sin embargo, no era un profesor que silenciara a los alumnos cuyo pensamiento fuera distinto o no estuviera tan bien instruido como el suyo, sino que sabía armonizar los distintos puntos de vista en debates interesantes y fructíferos. Este fue el primer profesor que me hizo interesarme por el pragmatismo, al presentar y explicar de manera extraordinaria a John Dewey. Además, me hizo considerar distintos aspectos del fenómeno

científico (aparte del puramente epistemológico), como los problemas sociales y axiológicos que hay en torno a la ciencia. Asimismo, despertó mi interés por los problemas de la tecnología, problemas que nunca antes había pensado que merecieran atención filosófica. En resumen, este profesor fue esencial en mi formación y en especial para la creación del artículo en cuestión, al romper mis esquemas y ampliar mis horizontes de interés y, en particular, al introducirme en la corriente pragmatista y en los problemas contemporáneos de la tecnología.

De la Dra. Nydia Lara Zavala ya he hablado bastante en los otros apartados y he explicado cómo influyó en mi formación y cómo mis conversaciones con ella han sido interesantes e instructivas. Evidentemente, sin su apoyo no hubiera podido redactar un artículo publicable. Sin alguien con ese nivel de conocimiento en torno al método científico y tecnológico, mi investigación hubiera sido mucho más ardua. Aunque ya he descrito bastante la contribución de Nydia en mi formación, vale la pena recalcar que, si algo hay en ella que he tratado de adquirir o imitar es, al lado de su inteligencia formidable, su profunda honestidad intelectual.

Podría mencionar a algunos otros maestros, pero me he limitado a aquellos que contribuyeron directamente para darme las herramientas necesarias para ser miembro de este proyecto interdisciplinario. El rigor lógico-conceptual y las sugerencias de estilo me permitieron ser más claro y pedagógico y elaborar esquemas estrictos para la expresión de mis ideas (si bien no explícitamente). La apertura al diálogo interdisciplinario y la capacidad para ver un fenómeno desde diversos ángulos me dieron las herramientas necesarias para situar mis objetivos y problemáticas en relación a marcos de estudio más grandes. Las explicaciones sobre las maneras en que los supuestos filosóficos llegan a determinar los estudios científicos o tecnológicos me permitieron apuntar mis investigaciones hacia los aspectos más relevantes y dar mayor volumen y dar cierta justificación a mi trabajo.

2) Aspectos de mi formación que implicaron un mayor reto al enfrentarme a los problemas actuales de la tecnología y la ciencia

Lo primero que hay que decir es que me hubiera gustado entender mejor el desarrollo de las ideas que he manejado en mi artículo, dentro de la historia de la filosofía. Me hubiera gustado poder trazar la línea de cómo las visiones de Aristóteles y Bacon han evolucionado a través del tiempo hasta llegar a adquirir la forma que tienen hoy en día. En mi artículo hago un salto de estos autores hasta los autores contemporáneos y, aunque no podía extenderme demasiado en el asunto, no hubiera estado mal hacer un breve recorrido por la historia

del pensamiento conectado con el tema en cuestión.

No es necesario decir que yo no tengo una formación tecnológica. De hecho, no fue sino hasta que empecé a trabajar para este proyecto que me fui interesando por conferencias y discusiones sobre la manera en que funciona la tecnología y la forma en que opera el método de investigación tecnológica. Pero mi ignorancia en cuestiones de tecnología era tan profunda que resultaba más fácil para mí recibir información sobre innovaciones tecnológicas a través de descripciones de filósofos que ya habían escrito al respecto.

Por suerte, como no estaba tocando un tema concreto sino la relación de la tecnología con la ciencia en general, no tuve que ser muy profundo en mis ejemplos e ilustraciones de innovaciones tecnológicas. Simplemente tuve que leer un poco sobre la historia del desarrollo tecnológico y las partes del método de una investigación tecnológica para poder expresar mis ideas mediante bases sólidas. Sin embargo, quizá hubiera podido entrar más a fondo en las discusiones y ser más claro al explorar las consecuencias de la propuesta dada en el artículo si hubiera entendido a fondo el funcionamiento de las innovaciones tecnológicas actuales más importantes, que deberían de estar en el centro de cualquier debate que involucre la tecnología (por ejemplo, mi explicación sobre la teoría de la información, si bien no dice nada falso, no es muy detallada). Esta falta de información es grave, y yo me considero responsable, no solamente como filósofo (pues un filósofo tiene que estar enterado de lo más importante, y pocas cosas son tan importantes hoy en día como el desarrollo tecnológico) sino como persona; ya que estamos rodeados de tecnología y es una pena para quienes (teniendo la oportunidad de expandir nuestro conocimiento al respecto) no sabemos nada acerca de su funcionamiento, el tener que movernos prácticamente en un mundo mágico, rodeados de aparatos que sabemos usar pero no entendemos.

En cuanto a lo que se refiere a la ciencia, tuve menos problemas para investigar y escribir sobre teorías o metodologías. Siempre me he interesado por algunas ciencias, y solamente tuve que investigar para confirmar que no estuviese cometiendo algún error en mis descripciones. Sin embargo, solamente me he interesado por algunos temas específicos y, tal vez si mi formación general en ciencias fuera más completa, hubiera podido encontrar ejemplos más acordes con lo que quería expresar o más simétricos con respecto a los ejemplos de la tecnología, para que los puntos de contraste fueran más claros.

Otro problema es que nunca he sido un miembro activo de una investigación científica (soy un simple lector de resultados), y solamente puedo hablar sobre la forma de llevar a cabo una desde la información que puedo obtener a través de lo que leo, pero no tengo una experiencia que me ubique mejor para entender las dinámicas de

cómo opera en concreto el método científico. Por estas razones (y por las dadas más arriba sobre mi ignorancia sobre el funcionamiento de los desarrollos tecnológicos), tenía miedo de que todo lo que estaba diciendo, si bien podía ser coherente, a un científico o a un tecnólogo pudiera le resultara ingenuo o absolutamente superficial. Tuve la suerte de sostener conversaciones con algunos amigos de la facultad de ciencias y con muchos de la facultad de ingeniería y, sin descartar la posibilidad de que fuera mera cortesía, he recibido respuestas bastante positivas. Lo irónico es que de quienes más críticas he recibido (aunque constructivas) es de estudiantes de filosofía. He de suponer que ello se debe a que como filósofos nuestra imaginación está extremadamente entrenada para encontrar contraejemplos a todo. Un científico o un tecnólogo piensa en casos más o menos normales al evaluar las ideas sobre su disciplina, y un filósofo tiene la tendencia de llevar toda tesis o propuesta hasta sus últimas consecuencias, lo que lo hace más exigente a la hora de juzgar cualquier declaración conceptual.

Bibliografía

- Aristotle. «On “Technē” and “Epistēmē”», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 19-24.
- Bacon, Francis. «On the Idols, the Scientific Study of Nature, and the Reformation of Education», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 25-37.
- Bunge, Mario. «Philosophical Inputs and Outputs of Technology», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 172-181.
- Dewey, John. *La miseria de la epistemología. Ensayos de pragmatismo*. Edición, traducción y notas de Ángel Manuel Faerna. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva. 2000. 174 pp.
- Ellul, Jacques. «The “Autonomy” of the Technological Phenomenon», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 386-397.
- Gribbin, John R. *Biografía del universo*. Traducción de Susanna Martínez Mendizábal. Barcelona: Crítica. 2007. 305 pp.
- Gruender, C. David. «On Distinguishing Science and Technology.» *Technology and Culture*. Vol. 12. No. 3 (Julio). Maryland: The John Hopkins University Press. Pp. 456-463. Consultado en <http://www.istor.org/stable/3102999>, el 30 de septiembre de 2011 a las 19:22 horas.
- Kline, Stephen J. «What is Technology?», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 210-212.
- Okasha, Samir. *Philosophy of Science. A very Short Introduction*. New York: Oxford University Press. 2002. 153 pp.
- Putnam, Hilary. *Razón, verdad e historia*. Traducción de José Miguel Esteban Cloquel. Madrid: Tecnos. 1988. 220 pp.
- Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. Vigésima segunda edición. Madrid: Espasa Calpe. 2001. Consultado en <http://buscon.rae.es> el 14 de marzo de 2012 a las 15:20 horas.

Anexos

Artículo : “La diferencia entre ciencia y tecnología” para ser publicado

Ian Quallenberg

La Diferencia entre Ciencia y Tecnología

Introducción

La ciencia y la tecnología han condicionado una gran cantidad de cambios históricos y sociales desde hace algunos siglos. Hoy en día, es imposible hacer una evaluación profunda de casi cualquier rasgo de nuestra sociedad sin entender los rasgos esenciales de los sistemas tecnológicos y científicos sobre los que descansa. Por eso, preguntas del tipo: ¿cómo deben financiar diversas instituciones (el gobierno, las universidades, etc.) la ciencia y la tecnología?, ¿cómo deben ordenar los distintos aspectos de la investigación tecnológica y científica?, ¿debe estar la investigación científica dirigida a ampliar el conocimiento tecnológico o, al contrario, debe desarrollarse tecnología para ampliar los límites del conocimiento científico?, o bien ¿hay que tratar a la ciencia y la tecnología como disciplinas mutuamente independientes?, etc., son sumamente relevantes. La respuesta que demos a ellas depende de la respuesta que demos a preguntas menos prácticas, que involucran estudios históricos, antropológicos y sociales: ¿cómo se ha desarrollado históricamente la relación entre la tecnología y la ciencia y cómo ha de desarrollarse en el futuro?, ¿se han fusionado los objetivos científicos y tecnológicos lo suficiente como para hablar de un complejo tecno-científico?, ¿es la tecnología autónoma –es decir, se da sus propias reglas con independencia de la ciencia?, etc.

A su vez, estas cuestiones no pueden ser discutidas satisfactoriamente sin responder a preguntas aún más abstractas, que tienen que ver más con aclarar nuestros propios conceptos que con hacer investigaciones empíricas que analicen a detalle el desarrollo de fenómenos concretos. Estas preguntas entran –o tradicionalmente así se piensa- en el dominio de la investigación filosófica. La pregunta que nos hacemos en este ensayo (¿cuál es la diferencia entre ciencia y

tecnología?), es de tal índole. Lo que digamos al contestarla está destinado a esclarecer nuestras nociones con el fin de que puedan surgir varios estudios empíricos sobre ciencia y tecnología que no pequen de incurrir en confusiones conceptuales que contaminen los resultados de la investigación –como frecuentemente sucede. Así, nuestra tarea es modesta, pero representa un grano de arena que contribuye a la realización de un proyecto imprescindible y titánico.

La forma más fácil de responder a la pregunta por la diferencia entre ciencia y tecnología consistiría en dar una definición de cada una de ellas para después contrastarlas. Sin embargo, es bastante difícil dar una definición adecuada en ambos casos. ¿Por qué no consultamos el diccionario?, se podría preguntar. Bueno, según la Real Academia Española, la ciencia es un «conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales»¹. Mientras que la tecnología es un «conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico»².

Estas definiciones parten ya de viejas ideas injustificadas (como veremos más adelante). Se basan en el supuesto de que la tecnología no es más que ciencia aplicada. Pero este es un error por dos razones. Primero, porque las instituciones tecnológicas tienen sus propios departamentos de investigación y éstos, más que repetir lo que dice la ciencia, son sumamente activos y están directamente vinculados con objetivos propios de la tecnología. Segundo, porque la relación de transmisión cognitiva entre ciencia y tecnología no es unidireccional: ambas se han guiado mutuamente a lo largo de la historia. El trabajo de Faraday contribuyó fuertemente en las innovaciones tecnológicas de Edison; pero la creación del telescopio se convirtió en una base para el desarrollo moderno de la astronomía. Tenemos tan buenas razones para hacer la afirmación de que la tecnología es una aplicación de la ciencia como para afirmar que la ciencia es una aplicación de la tecnología. Como veremos más adelante, ambas son mucho más que eso.

Ahora bien, los diccionarios no están pensados para evitar cualquier contraejemplo posible a sus definiciones. Si se procediera de tal manera, sería imposible terminar un diccionario. Justo por eso, no podemos usar uno para hacer análisis filosóficos satisfactorios. Muchos han pensado que necesitaríamos definiciones exhaustivas: que nos dijeran qué condiciones son necesarias y qué condiciones son

¹ *Diccionario de la lengua española, sub voce ciencia.*

² *Diccionario de la lengua española, sub voce tecnología.*

suficientes para que algo caiga bajo un concepto. Una definición de esta clase nos daría un conjunto de condiciones que determinen, para un término X, qué cosas son X y qué cosas no son X. De esta forma, cuando surgió la controversia de si Plutón era un planeta, los astrónomos elaboraron una definición exhaustiva de *planeta*. Un objeto debía ser llamado planeta si y sólo si cumplía con las siguientes características: (a) estar en órbita alrededor del Sol, (b) tener masa suficiente para que su propia gravedad se imponga a las fuerzas de un cuerpo rígido, de manera que adquiriera una forma redonda, (c) despejar los alrededores de su órbita. Uno de los problemas más importantes en la historia de la filosofía ha sido el de encontrar una serie de condiciones de esta clase para la ciencia –nos ocuparemos de la tecnología más adelante. ¿Cuáles son los límites del conocimiento científico? ¿Qué teorías son científicas y qué teorías son pseudo-científicas? Como veremos a continuación, estas preguntas no han podido ser respondidas satisfactoriamente.

Los problemas para definir la ciencia

El problema con las definiciones exhaustivas que se han dado hasta ahora es que suelen ser o demasiado incluyentes o demasiado excluyentes.³ Por ejemplo, se ha tratado de definir la ciencia como una actividad destinada a entender, explicar y predecir los sucesos del mundo. Podemos ver que esta definición es demasiado inclusiva, puesto que algunas disciplinas que no forman parte de la ciencia cumplen con las condiciones que ella especifica. La mitología intenta explicar y entender el mundo sin acudir a la ciencia. La astrología intenta predecir sucesos basándose en creencias que difícilmente podríamos llamar científicas. Para demarcar a la ciencia de esta clase de disciplinas, varios pensadores han tratado de dar condiciones más rigurosas.

Max Weber caracterizó a la ciencia como una disciplina en la que se llega a juicios válidos para toda persona racional.⁴ Ahora bien, ¿qué significa ser una persona racional? Si se definiera *persona racional* como *persona que acepta los juicios de la ciencia*, se estaría cayendo, claramente, en un círculo vicioso. Por eso, la manera que encontró Weber para describir la racionalidad consistía en identificarla con el acuerdo de la mayoría de las personas. Entonces, lo que diferenciaba a los juicios científicos de los demás juicios era su capacidad de ser aceptados por una cantidad mayoritaria de seres humanos. Sin embargo, esta definición también se muestra demasiado inclusiva, puesto que hoy en día parece que hay más personas que creen en la religión que en la ciencia y, sin embargo, es evidente que los juicios

³ Véase Okasha, *Philosophy of Science. A very Short Introduction*.

⁴ Véase Putnam, *Razón, verdad e historia*.

religiosos no forman parte del conjunto de juicios que podrían ser llamados científicos. Por eso, la definición de Max Weber no sirve de mucho. Después de él, varios filósofos trataron de dar condiciones más precisas.

En los años veinte, dentro del movimiento llamado positivismo lógico se estableció un criterio de demarcación con el propósito de diferenciar a la ciencia de la pseudociencia. Este criterio estaba basado en una concepción de las condiciones que hacen que un enunciado sea significativo. Según esto, un enunciado significativo era o bien verificable o bien analítico. Un enunciado verificable es un enunciado que en principio se puede corroborar con la experiencia sensorial (la mesa es roja). Un enunciado analítico se identificaba entonces con un enunciado que establecía relaciones entre elementos ya dados en un concepto, como suponían que eran las proposiciones de la lógica y las matemáticas. Así, todos los enunciados que no eran ni verificables ni analíticos, y que no eran inferidos a partir de enunciados de este tipo, eran enunciados carentes de sentido. Lo que diferenciaba a la ciencia de otras disciplinas era que sus teorías formaban sistemas de enunciados con sentido. Cualquier premisa de una teoría verdaderamente científica se podía poner a prueba o demostrar: se podía verificar en la experiencia, en caso de que fuera un enunciado que se refiriera directamente a ella; se podía demostrar lógica o matemáticamente en caso de que se tratara un enunciado analítico; o se podía mostrar a partir de qué enunciado(s) básico(s) podía ser inferido. Los discursos de otras disciplinas, como la metafísica y la religión, no se basaban en enunciados que cumplieran con ninguna de las condiciones anteriores y, por lo tanto, se consideraban disciplinas pseudocientíficas basadas en sinsentidos.

El verificacionismo fue cuestionado en años posteriores por el filósofo alemán Karl Popper, quien sostenía que los positivistas habían confundido dos tipos de problema en uno solo y que un criterio de demarcación no necesariamente coincidía con un criterio de significación. Popper señaló que una teoría podía perfectamente tener significado y no ser científica. Se dio cuenta de que los defensores de una teoría podían jactarse de corroborar con la experiencia continuamente los supuestos de su teoría, siempre que encontraran mañosamente los mecanismos para interpretar esa experiencia de manera conveniente para que fuera coherente con su teoría. Veremos cómo funcionan los mecanismos mencionados más adelante. Frente a este problema, Popper propuso el falsacionismo, que consistía en un criterio de demarcación para la ciencia basado en la actitud general y los métodos de los defensores de una teoría más que en el análisis semántico de cada una de sus oraciones.

Según Karl Popper, el rasgo fundamental que caracterizaba a la ciencia y la distinguía de todo lo demás era su capacidad de hacer conjeturas arriesgadas falseables.⁵ Por *falseable* se entiende que existe la posibilidad de verificar que una conjetura dada no es cierta – la conjetura no es compatible con cualquier experiencia posible. Una teoría falseable debía ser capaz de hacer predicciones y contrastarlas con la experiencia. Si las conjeturas de una teoría no predecían los sucesos acertadamente, debía ser considerada falsa y debía ser rechazada.

Popper creía que este criterio servía para trazar los límites entre la ciencia y la pseudo ciencia. Así, el marxismo no podía ser considerado científico puesto que era imposible de falsear: cualquier experiencia posible era un modo de confirmar la teoría. Por ejemplo, Marx afirmaba que el capitalismo tarde o temprano se acabaría para dar paso al socialismo y finalmente al comunismo. Cuando esto no sucedía, los teóricos del marxismo siempre eran capaces de dar explicaciones de cómo los hechos eran perfectamente consistentes con su teoría. Podían decir que el progreso hacia el socialismo se alentaba a causa de las medidas tomadas por el Estado, que contentaba parcialmente a los obreros y frenaba sus impulsos de revolución.

En cambio, la teoría de la relatividad general de Albert Einstein era un perfecto ejemplo de ciencia, según los criterios de demarcación de Popper. Ésta hacía una conjetura bastante precisa y arriesgada: que los rayos de luz provenientes de estrellas distantes serían desviados por el campo gravitacional del sol. En 1919 el astrofísico Arthur Eddington comprobó, durante un eclipse solar, que los rayos estelares realmente habían sido desviados por una cantidad muy aproximada a la estimada por Einstein. La teoría se había arriesgado en sus predicciones y había sido confirmada. Según los criterios de Popper, se trataba de un éxito científico.

Ahora bien, el asunto no es tan fácil. El criterio de demarcación no solamente deja fuera a varias disciplinas como la sociología, la historia, la antropología y hasta algunas ramas de la biología (por ejemplo, la teoría de la selección natural): también desaprobaba algunos procedimientos de la misma física. Antes de 1970 se pensaba que los protones y los neutrones eran partículas fundamentales. Ahora bien, se sabía que el núcleo atómico estaba formado de protones de carga eléctrica positiva y de neutrones de carga eléctrica nula, pero, según los conocimientos de la física sobre la interacción electromagnética, era imposible que las fuerzas repulsivas entre tales

⁵Popper, *The Logic of Scientific Discovery*. También véase: Okasha, *Philosophy of Science. A very Short Introduction*. Este libro hace un resumen excelente de los criterios de demarcación de Popper.

tipos de carga no ocasionaran la desintegración del núcleo atómico. Parecía entonces que o bien el modelo atómico estaba mal o bien la teoría electromagnética era falsa. Sin embargo, los científicos no abandonaron por completo el modelo atómico ni el conocimiento acerca de la interacción electromagnética sino que postularon una nueva clase de interacción entre fotones (la fuerza nuclear fuerte), que actuaba sobre partículas todavía más elementales que los protones y neutrones (quarks y gluones) y que no excedía distancias más grandes que la de un núcleo atómico –de lo contrario, todos los núcleos del universo se atraerían formando un gran conglomerado nuclear.

Entonces, los quarks, los gluones y la fuerza nuclear fuerte se postularon en cierto momento para que las teorías más exitosas de la física fueran coherentes entre sí y congruentes con la experiencia. En otras palabras, los científicos no abandonaron por completo sus creencias al encontrarse en dificultades. Actuaron, en cierto modo, como el teórico marxista acusado por Popper. Y, sin embargo, debería ser claro que su comportamiento no fue anticientífico. Se comprendió entonces que era demasiado exagerado tirar toda una teoría una vez que ésta pareciera estar refutada y que en la ciencia siempre era necesario servirse de hipótesis auxiliares para reforzar la teoría y explicar los casos que no eran coherentes con lo que según sus predicciones debía acontecer. Además, se llegó a la conclusión de que, una vez que una teoría parece estar refutada, no hay una manera unívoca de decidir exactamente cuál de sus premisas es incorrecta (o qué parte de ella hay que tirar), sino que se abren distintas posibilidades de refinar las hipótesis que la conforman, para hacer que la teoría sea coherente con la nueva experiencia en cuestión. Esto mostró que el criterio de Popper era demasiado exclusivo, al dejar fuera de los límites de la ciencia casos que evidentemente formaban parte de ella.

Las anteriores son solamente unas de las múltiples definiciones que se han dado con el fin de trazar los límites de la ciencia. Por cuestiones de espacio no podemos explicar y criticar otras aquí, pero basta con constatar que hasta ahora no se ha podido dar una definición exhaustiva que no sea o bien demasiado laxa (como la de Weber) o bien demasiado rigurosa (como la de Popper). Hemos visto la dificultad de encontrar una serie de condiciones que determinen lo que es la ciencia. También habría que reflexionar sobre si el mismo intento de trazar los límites de la ciencia no es ya, en sí mismo, un error. Es la cuestión de si realmente *necesitamos* una definición que especifique qué forma parte y qué no forma parte de la actividad científica. ¿Cuál es el punto de dar una serie de reglas que determinen lo que es ciencia y lo que no es ciencia? Después de todo, se trata de un proceso dinámico que ha ido cambiando con el paso del tiempo

y que probablemente lo siga haciendo. Como dijo John Dewey, en este mundo cambiante, hay que adaptar el análisis del conocimiento a la manera en que se van modificando las cosas y nuestra relación con ellas y no viceversa.⁶

Esto no quiere decir que una definición parcial de ciencia, que haga referencia a rasgos contextuales de la actividad científica contemporánea con el fin de evitar que se confunda con disciplinas pseudo-científicas, no pueda ser sumamente útil. Estos criterios sirvieron, por ejemplo, para impedir que las propuestas de “diseño inteligente” en Estados Unidos (donde se negaba la selección natural y se proponía una especie de inteligencia divina detrás de la evolución de la vida) fueran enseñadas como respuestas alternas a la teoría de Darwin. Se describió un conjunto mínimo de rasgos que debía tener la ciencia y se determinó que dichas propuestas no los cumplieran. Sin embargo, en este caso se mostró un mínimo de condiciones que debía cumplir una teoría para ser llamada científica, pero no se dio un sistema de reglas inmutable y completo. Este mínimo se describió en función de las propiedades de la teoría contra la que la ciencia se quería contrastar y diferenciar. Es en ese sentido que siempre es útil una definición parcial de ciencia que pueda servir para demarcarla de otras disciplinas en cierto contexto, que no es igual a una definición total (un conjunto determinado de condiciones necesarias y suficientes), que pudiera en cierto momento impedir el desarrollo progresivo de una actividad esencialmente dinámica.

¿Por qué no aceptar que hay varios tipos de práctica científica que se asemejan más o menos entre sí, pero que no comparten un conjunto definido de rasgos distintivos? Se trata simplemente de una sugerencia y no hemos brindado un argumento aquí en favor de ella, más allá de la constatación de que todavía nadie ha dado una definición total correcta y que, debido a consideraciones a las que se alude anteriormente, es muy difícil (aunque no imposible) que alguien llegue a hacerlo. En todo caso, aquí no intentaremos dar una definición exhaustiva. Nos conformaremos con admitir que existen varias ciencias y que *la ciencia* expresa un concepto cuyos límites son borrosos; pero que dichos límites sean borrosos no implica que sea imposible distinguirla de la tecnología mediante análisis filosóficos que no involucren definiciones completas.

Los problemas de definir la tecnología

La tecnología tampoco es fácil de definir. Aunque el concepto de tecnología no tiene un papel tan rico en discusiones como el de ciencia en la historia de la filosofía, no deja de ser problemático. Hay dos preguntas esenciales que toda caracterización de la tecnología debe

⁶ Dewey, *La miseria de la epistemología. Ensayos de pragmatismo*.

ser capaz de responder. Primero, ¿es la tecnología un fenómeno que se presenta a partir de cierto momento histórico o se puede hablar de tecnología desde los inicios del ser humano, al ser un rasgo particular de esta especie el poder desarrollar y perfeccionar técnicas para enfrentarse a distintas situaciones? Segundo, ¿cómo delimitamos el alcance de lo que llamamos una innovación técnica? Tomemos como ejemplo la máquina de vapor. ¿Dónde empieza y dónde acaba exactamente este fenómeno tecnológico? ¿En la máquina como producto material? ¿En los medios de producción que la hacen posible? ¿En las estructuras que le asignan una función? ¿En los conocimientos necesarios para su fabricación? A decir verdad, se suele hablar de la tecnología en estos y muchos otros sentidos –a veces alternando entre uno y otro dentro del mismo discurso y así provocando confusiones.

Consideremos, para contestar le primera pregunta, si es que podemos designar cualquier innovación técnica con el nombre de tecnología o si hay buenas razones para reservar tal término solamente para cierto tipo de acontecimientos. El ser humano siempre se ha caracterizado por el uso de herramientas, y desde la antigüedad ha sido capaz de fabricar máquinas y diseñar planes racionales de acción. Como dice Miguel Ángel Quintanilla:

Desde muy antiguo han existido máquinas en el sentido que hoy damos a este término como dispositivos capaces de transformar una fuerza de determinada naturaleza para realizar un trabajo útil de carácter mecánico. Incluso han existido desde la antigüedad tratados teóricos acerca de la construcción y funcionamiento de dispositivos mecánicos (lo que llamaríamos hoy teorías tecnológicas). Así pues, no sólo las técnicas primitivas supuestamente relacionadas con la supervivencia, sino también complejas técnicas artesanales y teorías abstractas de carácter tecnológico, son componentes muy primitivos de la experiencia y la cultura humanas.⁷

Esto podría sugerir que la tecnología es algo que siempre ha acompañado al ser humano y que se ha ido desarrollando gradualmente, Sin embargo, a partir del siglo XVIII hubo un cambio cualitativo radical y hay buenas razones para afirmar que no podemos hablar de tecnología en el mismo sentido antes y después de la revolución industrial. Aquí se generan cambios en el sistema de producción y de investigación nunca antes vistos y entramos en una nueva era del desarrollo técnico que implica una ruptura con la innovación técnica preindustrial. El sistema de producción se ve alterado por la sustitución de herramientas artesanales por máquinas. La máquina de vapor, capaz de generar energía mecánica a partir de energía térmica, implica una independización de las fuentes de

⁷ Quintanilla. *Tecnología: Un enfoque filosófico*.

energía tradicionales. La nueva organización del sistema productivo tiene consecuencias importantes en la aceleración del ritmo del cambio tecnológico y en la generalización de la incidencia de cada innovación tecnológica en la estructura social. Además, hay cambios significativos en la manera en que opera la “lógica de producción”.

La nueva lógica de producción radica en la separación del capital y el trabajo, y en el sometimiento consiguiente de todo el proceso productivo al principio de maximización del beneficio en un mercado competitivo. La disponibilidad de capital y la autonomía del capitalista para invertirlo hacen posible que se incorporen a la producción innovaciones técnicas cuyo origen puede haber sido completamente ajeno al proceso productivo. Y el hecho de que tales innovaciones consigan un aumento de la productividad del trabajo hace que su incorporación a la producción sea, en la práctica, necesaria.⁸

Así, por ejemplo, el desarrollo de la minería y la industria textil incorpora las máquinas de Newcomen, capaces de generar energía mecánica constantemente y a un costo muy bajo, haciendo que su incorporación se vuelva una necesidad para cualquier industria minera o textil que quiera mantenerse en los altos niveles de competitividad y, a su vez, abriendo nuevos campos de investigación para el desarrollo de la innovación tecnológica destinada a aumentar la eficiencia en la productividad. Se genera así un ciclo nunca antes visto: la innovación técnica impulsa su propio desarrollo a través de esta relación bilateral con la producción.

Estas diferencias en cambios en el sistema de manufactura, la estructura productiva y el ritmo de aceleración de la innovación tecnológica, parecen ya suficientes para aceptar la idea de que lo que hoy conocemos como tecnología no incluye cualquier innovación técnica del pasado, sino que tiene su origen en un momento histórico más o menos definido. Pero, más importante aún en el contexto de nuestra investigación (más adelante veremos que nos interesa la tecnología como forma de investigación más que como sistema de manufactura), es el hecho de que a partir del periodo histórico mencionado, sus relaciones con la ciencia cambian radicalmente. La tecnología ha evolucionado de manera cada vez más estrecha con el desarrollo científico y tecnología y ciencia se han vuelto mutuamente dependientes. Veremos eso más adelante. Por ahora basta con constatar que, debido a las razones expuestas, no nos vamos a referir, al mencionar el fenómeno tecnológico, a cualquier innovación técnica del pasado, sino a la clase de innovaciones concernientes al cambio histórico mencionado. Antes de pasar a la segunda pregunta, hace falta hacer una aclaración. Más adelante revisaremos algunas ideas de Aristóteles y Bacon respecto al conocimiento teórico y práctico y

⁸ Ibid.

contrastaremos sus ideas con ejemplos de investigaciones tecnológicas y científicas. Eso podría parecer un anacronismo o una contradicción con lo que estamos diciendo ahora sobre el matiz histórico necesario para hablar de tecnología. Sin embargo, como veremos más adelante, no argumentaremos en contra de los autores sino contra quienes mantienen sus ideas hoy en día.

En cuanto a la segunda pregunta (¿dónde empieza y acaba un fenómeno tecnológico?), no daremos un argumento de por qué una concepción de la tecnología es mejor que otra (ya que eso depende de la clase de investigación que se esté llevando a cabo) sino que haremos una clasificación de las distintas formas de entenderla. Según Stephen Kline⁹, los principales sentidos en los que se usa tal término son los siguientes:

1) *Tecnología como artefacto*. Aquí se denota un conjunto de objetos materiales que no se encuentran en la naturaleza y que son manufacturados por seres humanos. Según esta acepción, el fenómeno tecnológico de la máquina de vapor se reduce a la máquina como tal, independientemente de las relaciones externas que pueda tener: un conjunto de elementos (una caldera, una cámara de presión, un cilindro, un pistón, una manivela, una válvula, etc.), armados en una estructura particular.

2) *Tecnología como sistema de manufactura*. Bajo esta acepción, la tecnología implica todos los procesos necesarios para fabricar un artefacto: la gente involucrada, los recursos materiales, las máquinas utilizadas y las políticas empleadas tanto para producir como para usar el artefacto. Aquí entrarían los datos mencionados anteriormente sobre la máquina de vapor, donde se describían las maneras en que afectaba la organización social y el sistema de producción.

3) *Tecnología como saber*. Aquí la palabra *saber* se refiere al conocimiento necesario para cumplir con tareas específicas. Tales tareas incluyen, principalmente, la fabricación de artefactos, pero no solamente. También nos podemos referir al conocimiento necesario para alterar y controlar procesos naturales. Volvamos al ejemplo de la máquina de vapor y describamos una historia contra-fáctica para ilustrar esta concepción de la tecnología. Supongamos que en el siglo XVIII el ejército francés hubiera conquistado Inglaterra y hubiera destruido todos los centros de producción de máquinas de vapor. ¿Qué hubiera quedado de este fenómeno tecnológico una vez que se han eliminado todos los artefactos y todos los sistemas de manufactura destinados a su producción? Mientras hubiesen vivido algunos ingleses con el conocimiento suficiente para recrear la

⁹ Kline, «What is Technology?», p.210.

estructura de una máquina de vapor y para entender su funcionamiento (cómo transformar energía térmica en energía mecánica), lo que queda es el conocimiento tecnológico de un instrumento momentáneamente en desuso. Esto se muestra en el hecho de que, si a la Inglaterra de nuestro ejemplo hipotético se le permitiera restablecer sus centros de producción, no estaría en la situación de cualquier país al que le faltara esta tecnología y tuviera que investigar cientos de años para desarrollarla, sino que podría volver a fabricar estas máquinas en unos cuantos meses.

En lo que sigue analizaremos la tecnología según la tercera de sus acepciones. La parte de la tecnología que nos interesa contrastar con la ciencia es la que tiene que ver con los elementos cognitivos del proceso técnico. No sugerimos que las primeras dos definiciones presentadas sean inadecuadas (de hecho, como dice Kline, no existe una definición correcta para entender el fenómeno tecnológico y la manera de entenderlo dependerá del tipo de disciplina que lo estudie; solamente hay que aclarar en qué sentido de la tecnología estamos hablando para no entrar en confusiones), pero es intuitivo afirmar que el orden adecuado para hacer una comparación o señalar una serie de diferencias debe partir de los aspectos más sencillos a los más complejos.

Parece que la complejidad de nuestra pregunta es muy pequeña si tomamos la primera acepción (tecnología como artefacto), un poco más grande si tomamos la tercera (tecnología como saber), y radicalmente más grande si tomamos la segunda (tecnología como proceso de manufactura). La respuesta a la pregunta por la diferencia entre ciencia y tecnología, si reducimos el fenómeno tecnológico a designar un mero producto, es bastante sencilla: la tecnología produce artefactos y la ciencia teorías. La respuesta a dicha pregunta se vuelve menos obvia si comparamos sus métodos cognitivos, y es lo que haremos a continuación. A su vez, este análisis puede ser de utilidad para hacer un estudio empírico de los procesos históricos y sociales que relacionan o han relacionado a la ciencia y a la tecnología, entendiendo a la tecnología como sistema de manufactura.

Entonces abordaremos el problema restringiendo los conceptos de ciencia y tecnología a designar medios para obtener conocimiento o formas de indagación.¹⁰ No es nada raro hacer esta afirmación en cuanto a la ciencia. En cambio, ¿qué implica hablar de la tecnología en cuanto forma de indagación? Según Mario Bunge¹¹, las partes del proceso tecnológico contemporáneo podrían ser divididas en: política, desarrollo, calidad y control, producción, toma de decisiones e

¹⁰ Véase Gruender, «On Distinguishing Science and Technology».

¹¹ Bunge, *Philosophical Inputs and Outputs of Technology*, p.173.

investigación tecnológica. Nos centraremos en lo que corresponde a las últimas dos partes, puesto que ahí parecen encontrarse los elementos más relevantes del proceso tecnológico para el problema en cuestión. Iniciando desde esta perspectiva, revisaremos dos respuestas clásicas –opuestas entre sí– que se han dado en torno a la pregunta por la diferencia entre ciencia y tecnología. La razón por la que hemos de proceder de esta manera es que así se entenderá que la complejidad de nuestra respuesta no es innecesaria.

La respuesta aristotélica

Una forma bastante popular de caracterizar la diferencia entre ciencia y tecnología consiste en afirmar que la ciencia se ocupa de saber la verdad mientras que la tecnología se encarga de la utilidad. Esta respuesta parte de una concepción que pone a la ciencia como una disciplina que se encarga del conocimiento puro y universal y a la tecnología como una aplicación lineal de este conocimiento. Podemos rastrear su origen en la forma en que Platón y Aristóteles trazaron la distinción entre conocimiento teórico y conocimiento práctico. Ambos pensaban que la verdadera sabiduría se encontraba en el conocimiento contemplativo y abstracto –la filosofía y las ciencias puras como las matemáticas, mientras que el saber relativo a necesidades prácticas era una de una forma inferior.

El conocimiento práctico era ordinario, más bajo, basado en los sentidos y enfocado a cuestiones específicas. El conocimiento contemplativo de las causas primarias o de la naturaleza última de las cosas era un tipo de saber más elevado y genuinamente racional, al cual el conocimiento práctico estaba sometido. En Aristóteles hay dos razones principales para justificar la superioridad del conocimiento teórico. Primero, que responde a motivos más nobles que la mera utilidad y el placer. Así, Aristóteles dice:

Primero, quien inventó cualquier arte que fuese más allá de las percepciones comunes del hombre fue naturalmente admirado por los seres humanos, no solamente porque había algo útil en sus invenciones, pero porque se pensaba que él era superior al resto. Pero como más y más artes fueron inventadas, y otras fueron dirigidas a las necesidades de la vida, otras a la recreación, los inventores de las últimas fueron naturalmente vistos siempre como más sabios que los inventores de las primeras, ya que sus ramas de conocimiento no apuntaban a la utilidad. Entonces cuando todas esas invenciones lograron establecerse, las ciencias que no apuntaban a dar placer o a satisfacer las necesidades de la vida fueron descubiertas. [Traducción mía]¹²

¹² «At first he who invented any art whatever that went beyond the common perceptions of man was naturally admired by men, not only because there was something useful in the inventions, but because he was thought wise and superior to the rest. But as more arts were invented, and some were directed

Segundo, continúa Aristóteles, porque es acerca de lo universal.

De todas las características, la de saber todas las cosas debe pertenecer a quien tiene conocimiento universal en el grado más alto; porque él sabe en cierto sentido todas las instancias que caen bajo lo universal. Y estas cosas, las más universales, son las más difíciles de conocer para los hombres; pues son las más lejanas de los sentidos.¹³

Y también:

Todos los hombres suponen que la sabiduría trata con las primeras causas y principios de las cosas; así que, como hemos dicho, se piensa que el hombre de experiencia es más sabio que quien posee cualquier percepción sensorial, el maestro de obra más que el mecánico, y los conocimientos teóricos más cercanos a la naturaleza de la sabiduría que los productivos.¹⁴

A partir de estas razones, Aristóteles deriva la idea de una relación jerárquica entre ambos tipos de conocimiento, en donde el hombre contemplativo debe mandar sobre el hombre práctico.

Quien es más exacto y más capaz de enseñar las causas es más sabio en todas las ramas del conocimiento, y la ciencia que es deseable por sí misma y por el puro deseo de conocimiento es más cercana a la naturaleza de la sabiduría que la que es deseable según sus resultados, y la ciencia superior es más cercana a la naturaleza de la sabiduría que la auxiliar; porque el hombre sabio no debe seguir órdenes sino darlas, y no debe obedecer a otro sino que el menos sabio debe obedecerlo a él.¹⁵

to the necessities of life, others to recreation, the inventors of the latter were naturally always regarded as wiser than the inventors of the former, because their branches of knowledge did not aim at utility. Hence when all such inventions were already established, the sciences which do not aim at giving pleasure or at the necessities of life were discovered.», Aristotle, «On “Technē” and “Epistēmē”», p.23.

¹³ «Now of these characteristics that of knowing all things must belong to him who has in the highest degree universal knowledge; for he knows in a sense all the instances that fall under the universal. And these things, the most universal, are on the whole the hardest for men to know; for they are farthest from the senses.», Aristotle. «On “Technē” and “Epistēmē”», p.23.

¹⁴ «All men suppose what is called Wisdom to deal with the first causes and the principles of things; so that, as has been said before, the man of experience is thought to be wiser than the possessors of any sense-perception whatever, the master-worker than the mechanic, and the theoretical kinds of knowledge to be more of the nature of Wisdom than the productive.», Aristotle, «On “Technē” and “Epistēmē”», p.23.

¹⁵ «He who is more exact and more capable of teaching the causes is wiser, in every branch of knowledge; and that of the sciences, also that which is desirable on its own account and for the sake of knowing it is more of the nature of Wisdom than that which is desirable on account of its results, and the superior science is more of the nature of Wisdom than the ancillary; for the wise man must not be ordered but must order, and he must not obey another, but the less wise must obey him.», Aristotle, «On “Technē” and “Epistēmē”», p.23.

Esta división entre conocimiento práctico y teórico es la base en la actualidad de una concepción frecuentemente admitida sobre la diferencia y la relación entre ciencia y tecnología. Las ideas de las que surge suelen ser las predominantes en las instituciones dedicadas a las “ciencias puras”. En realidad aquí queremos englobar una gama enorme de distintas visiones más o menos similares entre sí, que pueden ser adquiridas de manera consciente o inconsciente. De cualquier forma, la doctrina aristotélica parece apuntar al corazón de todas ellas. Hay muchas afirmaciones en las que podemos reconocer una conexión con ella: “la ciencia se dedica a entender y la tecnología a controlar”, “la ciencia describe el mundo mientras que la tecnología nos permite actuar en él”, “la ciencia busca leyes generales por curiosidad y la tecnología se ocupa de problemas particulares relacionados con necesidades humanas”, “la ciencia busca la verdad y la tecnología la utilidad”, etc.

La respuesta baconiana

Ésta es una visión pragmática que invierte la relación jerárquica entre ciencia y tecnología. De acuerdo con ella, es imposible que la ciencia esté motivada por mera curiosidad o por el simple placer de encontrar la verdad: el criterio para aceptar o rechazar una teoría científica está íntimamente vinculado con su capacidad para controlar y predecir los fenómenos naturales. Es decir, el objetivo real de la ciencia está o debería de estar emparentado con fines prácticos: la satisfacción de necesidades humanas concretas. Así, se pone a la ciencia al servicio de la tecnología. Si hay una diferencia entre ellas, radica en el alcance del conocimiento buscado: la ciencia busca leyes de largo alcance cuyo conocimiento la tecnología podrá utilizar para casos específicos. Así como la visión anterior centraba la distinción entre ciencia y tecnología en los motivos que las guiaban (la primera busca la verdad y la segunda la utilidad), la visión baconiana pone el acento en el nivel de generalidad en que se sitúan sus respectivas investigaciones: la investigación física más abstracta está tan motivada por el deseo de dominio como la investigación relativa a la elaboración de una bomba nuclear; si existe algo que las distingue tiene que ver con que la primera aborda un problema general y la segunda un problema concreto. Esta concepción está fuertemente influida por la idea de Francis Bacon según la cual conocimiento y poder se implican mutuamente.

Porque el hombre es sólo el sirviente e intérprete de la Naturaleza y sólo hace y entiende tanto como haya podido observar, en hecho o en pensamiento, del curso de la Naturaleza; más que esto ni sabe ni puede hacer. Ninguna fuerza puede desatar o romper la cadena causal, y la Naturaleza sólo se supera obedeciéndola. Así es que esos dos

objetos de la humanidad, el conocimiento y el poder, vienen de hecho a ser la misma cosa; y la falla en las tareas viene casi siempre de la ignorancia de las causas.¹⁶

Bacon introdujo la noción de que explorar el sistema causal de la naturaleza nos permite anticipar y controlar sus reacciones. No sólo eso sino que, más allá de esta capacidad para predecir y controlar, no hay conocimiento alguno al que el hombre pueda asomarse. De esto hay un paso a afirmar, como han hecho algunos instrumentalistas contemporáneos, que las teorías científicas no hacen descripciones adecuadas o verdaderas de la realidad, y que los objetos de los que habla la ciencia no existen realmente, sino que forman modelos que sirven para predecir o modificar futuros eventos con la mayor eficacia posible. De esta forma, John Gribbin afirma que:

Cuando un científico afirma, por ejemplo, que el núcleo de un átomo está compuesto por partículas denominadas protones y neutrones, lo que en realidad debería decir es que el núcleo de un átomo se comporta, bajo determinadas circunstancias, como si estuviera formado de protones y neutrones. Los mejores científicos toman el “como si” como se lee, pero entienden que sus modelos son, efectivamente, sólo modelos.¹⁷

Si bien las dos posturas anteriores parecen ser contrarias, hay varios aspectos en los cuales se parecen. Ambas plantean una relación jerárquica entre ciencia y tecnología. Ambas ponen a una de ellas al servicio de la otra. Ambas admiten que un factor importante para distinguir a la ciencia de la tecnología es el grado de universalidad de las leyes buscadas. Ambas valoran de cierta manera los motivos que guían las investigaciones científicas y tecnológicas. La aristotélica cree que el deseo de saber la verdad y la curiosidad desinteresada es el único motivo noble, y que todos los demás motivos que puedan guiar una investigación son más bajos. La baconiana cree que tal *motivo puro* no existe realmente

Los dos lados de la discusión parecen prestar especial atención a dos propiedades que pueden afectar nuestros modos de clasificación entre una investigación científica y una tecnológica: la meta y la amplitud. La meta engloba los motivos, las intenciones y los propósitos que guían una investigación. Llamaremos *meta práctica* a

¹⁶ «For man is only the servant and interpreter of Nature and he only does and understands so much as he shall have observed, in fact or in thought, of the course of Nature; more than this he neither knows, nor can do. No force whatever can unfasten or break the chain of causes, and Nature is only overcome by obeying her. So it is that those two objects of mankind, Knowledge and Power, come in fact to the same thing; and the failure of works derives mostly from ignorance of causes.», Bacon, Francis, «On the Idols, the Scientific Study of Nature, and the Reformation of Education», p. 29.

¹⁷ Gribbin, *Biografía del universo*, p. 19.

una meta que involucre directamente necesidades humanas (curar o prevenir enfermedades, agilizar los medios de transporte, etc.) y *meta pura* a una que esté basada en la mera curiosidad o cualquier otro deseo no práctico. La amplitud se refiere a qué tan concreta o qué tan general resulta una indagación: la cantidad de objetos sobre los que se aplica el estudio. Como veremos a continuación, estas dos nociones se pueden combinar para formar cuatro clases distintas de proyectos de investigación. Veremos un caso paradigmático que ejemplifica cada tipo.

1. El cráter en Marte

La Nasa envió al “Opportunity”, un vehículo espacial especializado, para explorar un cráter de Marte llamado Eagle, que se encuentra en una zona llamada Meridiani Planum. La misión del Opportunity era determinar, mediante instrumentos de alta precisión como cámaras y espectrógrafos, si las rocas del cráter mostraban rastros de la presencia de agua dentro del Eagle en un pasado remoto. El resultado fue positivo y llevó a varias consecuencias teóricas como la especulación acerca de la posibilidad de vida en el planeta. Pensemos en los orígenes de la investigación. La amplitud del proyecto era muy pequeña: determinar si había agua en un cráter de Marte. Y, sin embargo, la meta no involucraba la satisfacción directa de necesidades humanas sino que respondía a una curiosidad genuina.

2. El universo en expansión

El astrónomo Edwin Powell Hubble localizó varias galaxias próximas y lejanas a la vía láctea y calculó su distancia a partir de la luz recibida desde la tierra. Observó que todas, excepto las más cercanas, mostraban una desviación hacia el rojo en su espectro. La percepción de tal desviación implica que el objeto emisor se está alejando. Después de estudiar un número considerable de espectros, concluyó que las galaxias se están separando continuamente de nosotros y que su grado de desviación hacia el rojo es directamente proporcional a la distancia en que se encuentran, es decir, que la velocidad de recesión de una galaxia es mayor cuanto más lejos está. Este descubrimiento lo llevó a formular una ley (conocida como ley de Hubble) que especifica la relación matemática exacta entre la distancia de una galaxia y su velocidad de alejamiento y que nos permite calcular la rapidez de expansión del universo. Este es un ejemplo de una investigación con una amplitud muy grande: lo que describen las leyes descubiertas es el universo entero. Además, la meta no es práctica puesto que, sin acudir a la ciencia ficción, es difícil señalar qué necesidades humanas se relacionan directamente con el conocimiento de que otras galaxias se separan continuamente de nosotros.

3. Las manos que ven

Un grupo de investigadores de la Universidad Complutense de Madrid desarrolló la idea de crear un dispositivo táctil para ayudar a los ciegos a percibir su entorno. Con tal propósito, desarrollaron unas gafas especiales y un estimulador táctil que puede ser usado en las manos. Las gafas contienen una microcámara con un chip. Éste transmite las imágenes captadas al estimulador, que a su vez contiene pequeñas bolas que se levantan de manera coordinada, trazando en la mano las siluetas que capta la grabadora. Los objetivos se cumplieron: si bien no se reconocen volúmenes ni colores, todos los ciegos que probaron el aparato fueron capaces de anticipar los objetos a su alrededor. En este caso, la meta de la investigación era evidentemente práctica, puesto que está directamente vinculada con la necesidad de ver de algunas personas discapacitadas. La amplitud de la investigación es bastante reducida: se trata de un modo particular en que un número limitado de personas pueda orientarse.

4. La teoría de la información

En la década de los años cuarenta, Claude E. Shannon y Warren Weaver desarrollaron una teoría matemática relacionada con la capacidad de los sistemas de comunicación para recibir y procesar información. Con este modelo trataron de encontrar la manera más eficiente de codificar un mensaje, sin que la presencia de algún ruido complicase su transmisión. Esta teoría ha sido aplicada al desarrollo de varios medios de comunicación, como los celulares y el Internet; pero en realidad se supone que debería poder aplicarse a cualquier sistema que contenga una fuente de información, un canal de transmisión y un receptor que reciba una señal de la fuente a través del canal, por lo que la teoría goza de una amplitud enorme. De todas formas, la meta de Shannon y Weaver al proponer esta teoría era absolutamente práctica: eliminar el ruido en la transmisión de señales.

Los problemas de la concepción aristotélica y la baconiana

Beltrand Russell decía que una teoría filosófica debía ser evaluada según su capacidad para lidiar con distintos rompecabezas. Los cuatro ejemplos anteriores constituyen un rompecabezas que ni la visión aristotélica ni la baconiana pueden armar. Veamos por qué.

Al seguidor de Bacon le cuesta trabajo dar cuenta de los dos primeros casos, puesto que no cree en motivos no prácticos. Recordemos que el caso del cráter en Marte y el caso de la expansión del universo representan investigaciones en donde no intervienen motivos prácticos específicos, donde tenemos que asumir que lo que se encuentra detrás es realmente la mera curiosidad o el deseo

desinteresado de conocer. Claramente, esto va radicalmente en contra de la concepción del conocimiento que tiene el baconiano. Sin embargo, los ejemplos en cuestión no son meras ficciones, por lo que hay que poder explicarlos de alguna manera. En este punto, hay tres formas de respuesta que podría dar el seguidor de Bacon.

Primero, podría reafirmar enteramente su postura tomando una actitud normativa, aceptando que de hecho existen casos de investigación cuya meta no consiste en controlar la naturaleza para satisfacer necesidades humanas concretas, pero afirmando que tales casos no deberían de existir, puesto que la idea de buscar un conocimiento por sí mismo es una simple ilusión –y, en esa medida, las indagaciones basadas en ella no tienen razón de ser. Segundo, podría replicar que el problema es que nuestra interpretación es errónea: si bien los ejemplos en cuestión parecerían no tener nada que ver con lo práctico, un análisis más profundo mostraría que realmente están relacionados con el deseo de control y con la posibilidad de satisfacción de necesidades específicas. En tercer lugar, podría defender una posición más moderada, aclarando que no todo conocimiento debe ser práctico en un sentido fuerte; que la palabra *práctico*, tal como él la entiende, también engloba situaciones que no involucran el control directo sobre la naturaleza sino objetivos que tienen que ver con una forma de control más moderada como, por ejemplo, nuestro deseo de predecir los fenómenos que acontecerán o podrían acontecer en ella. Así, las leyes de Hubble constituirían un modelo predictivo que nos ayudaría a comprender nuestra situación en el universo y a poner nuestras prácticas en relación con nuestro conocimiento acerca de los sucesos futuros.

En cuanto a la primera respuesta, ésta parece ser meramente ideológica, en el sentido de que se apoya en una visión de cómo son las cosas para afirmar como tendrían que ser y viceversa, sin salir de un círculo vicioso donde la crítica es imposible. En cuanto a la segunda, ciertamente es probable que nuestra interpretación de los casos en cuestión no sea la mejor posible. Sin embargo, es difícil especificar en qué sentido las metas de estas investigaciones están directamente relacionadas con lo práctico en un sentido fuerte. Aquí es importante poner el acento en *directamente*, ya que si la idea es que el conocimiento aparentemente puro está relacionado con asuntos prácticos *de alguna manera*, la perspectiva baconiana se vuelve completamente ambigua, puesto que, a fin de cuentas, todo está relacionado con todo de alguna manera. La tercera respuesta muestra un modo más plausible de ver las cosas. Sin embargo, comete un error muy frecuente en posiciones instrumentalistas. Si los objetos que postula una teoría no corresponden con la realidad, es difícil explicar por qué ciertas teorías son exitosas y otras no. La mejor explicación de por qué una teoría funciona suele apuntar al hecho de que en el

mundo existen las relaciones y propiedades que ella establece. Sería un milagro que ciertas teorías que explican innumerables casos de experiencia y que predicen y retro-dicen innumerables sucesos, fueran simplemente otro discurso humano y no describieran por lo menos parcialmente lo que acontece en la realidad.

Por esta y otras razones, el instrumentalismo es una posición no muy sostenible hoy en día. Ni siquiera el instrumentalista más radical negaría que ciertas cosas a las que hace referencia una teoría científica existen (planetas o animales, por ejemplo). Sin embargo, hay ciertas expresiones a las que no concede una referencia en el mundo real (probablemente a expresiones como “quarks” o “energía oscura”). ¿En qué se basa este criterio que concede la existencia de ciertos elementos del discurso científico pero no la existencia de otros? El instrumentalismo siempre basó sus criterios de existencia en la distinción entre propiedades observables e inobservables. Según esto, lo inobservable (bacterias, átomos, etc.) se estipulaba para predecir y explicar lo que sí podíamos observar, pero nunca describía sucesos “reales”. Sin embargo, hemos visto que lo que antes se suponía inobservable ha llegado a ser observable, según avanzan nuestros aparatos tecnológicos de detección (las bacterias son un ejemplo de algo que en cierto momento se suponía inobservable y varios años después, gracias al desarrollo del microscopio, se pudo observar). Más aún, si algo es observable o no es una cuestión gradual, pues depende de qué tanto nuestros métodos de detección se asemejen a nuestra experiencia natural de percepción (algo que vemos a través de unos anteojos es “ más observable” que algo que vemos a través de un microscopio, que a su vez es “más observable” que algo que detectamos con un satélite que capta distintas gamas de ondas electromagnéticas en el espacio). En cambio, la existencia no es algo gradual (nunca decimos que X existe más que Y). Por lo tanto, un criterio basado en la distinción entre observables e inobservables constituye un modelo asimétrico para decir qué existe y qué no.

Los instrumentalistas tienen razón al decir que la capacidad de predicción es un elemento sumamente importante a la hora de evaluar una teoría. Incluso se ha llegado a afirmar que la capacidad predictiva es la piedra de toque de la racionalidad científica; pero, si se acepta que una teoría científica no es milagrosamente exitosa, sino que debe su éxito al hecho de que describe con veracidad, surge un nuevo modo de ver las cosas: la predicción no es el objetivo primordial de una teoría, sino un modo de determinar si es correcta. Kepler no formuló las leyes del movimiento de los planetas para predecir la posición de Marte; usó la capacidad de predicción de la posición de Marte como señal para saber si su teoría era adecuada. No buscaba un modelo predictivo sino un esquema descriptivo. No deberíamos confundir metas con criterios de verdad.

Ahora bien, los casos anteriormente presentados también meten en apuros a la visión aristotélica. El primer y el cuarto caso representan un reto. Recordemos que en el argumento de Aristóteles se dan dos razones para afirmar la superioridad del conocimiento teórico sobre el práctico: 1) Que está guiado por fines puros, ajenos a cuestiones de utilidad. 2) Que trata acerca de cosas universales. El caso del cráter en Marte y el caso de la teoría de la información muestran (tomados en conjunto) que la meta es independiente de la amplitud y viceversa. El que una meta responda a propósitos puros no implica que trate asuntos generales, como se comprueba en el caso del cráter en Marte. De manera similar, una investigación puede ser práctica y, al mismo tiempo, tratar cuestiones generales, como se logra apreciar en el caso de la teoría de la información. La mutua independencia entre meta y amplitud derrumba las bases de esta distinción clásica entre conocimiento teórico y práctico.

Puesto que estamos usando casos históricamente recientes, podría resultar anacrónico apoyarnos en ellos para criticar a Aristóteles. Sin embargo, es bastante adecuado criticar a quien hoy en día aplica la concepción aristotélica de conocimiento práctico y teórico a la relación entre ciencia y tecnología, pues recordemos que tal distinción es la base de la manera en que el aristotélico contemporáneo traza los límites entre ellas. A esto podría responder que, aunque Aristóteles se haya apoyado en dos razones para distinguir el conocimiento teórico del práctico (su universalidad y la nobleza de sus motivos), en realidad, lo importante a la hora de distinguir el conocimiento teórico era su búsqueda de un conocimiento valioso por sí mismo y su deseo de conocer la verdad.

Una postura aristotélica moderada podría prescindir de la premisa de la universalidad del conocimiento teórico y conservar la que habla de la pureza de sus motivos para mantener una concepción similar en esencia a la de Aristóteles y apoyarse en ella. Así, se podría seguir diferenciando a la ciencia exclusivamente por medio de la calidad pura de sus objetivos, por lo que señalar la independencia entre esta clase de objetivos y las cuestiones universales o generales no constituiría un argumento en contra. El aristotélico moderado tendría razón en este punto: al señalar la independencia entre meta y amplitud no hemos dicho por qué no se podría seguir manteniendo que la ciencia busca la verdad y la tecnología la utilidad o que la primera busca el conocimiento por sí mismo y la segunda lo busca por fines prácticos. En el siguiente apartado veremos por qué esta idea sigue siendo inadecuada.

La diferencia entre tecnología y ciencia

Ya hemos allanado el camino lo suficiente como para proponer una respuesta a nuestra pregunta inicial. Tratando a la ciencia y a la tecnología como formas de indagación, las nociones de meta y amplitud han resultado ser herramientas básicas en nuestro análisis. Conforme lo hemos expuesto anteriormente, ambas son independientes¹⁸ y se pueden combinar para formar cuatro tipos de investigación:

1. Meta pura y amplitud grande.
2. Meta pura y amplitud pequeña.
3. Meta práctica y amplitud grande.
4. Meta práctica y amplitud pequeña.

Contrastando este esquema con las concepciones aristotélica y baconiana, hemos aprendido dos lecciones: 1) No podemos homogeneizar todos los motivos que pueden guiar una investigación suponiendo que todos están directamente vinculados con fines utilitarios (hay que dar cabida a metas no prácticas). 2) No podemos suponer que la pureza de las metas de una investigación y su amplitud sean directamente proporcionales.

Tomando en cuenta estas restricciones ¿por qué no proponer, como hace el aristotélico moderado, un modelo que reconozca tanto la existencia de los motivos puros como la independencia entre meta y amplitud y que proponga basar la distinción entre ciencia y tecnología exclusivamente en la calidad práctica o pura de las metas que guían la investigación? En pocas palabras ¿por qué no decir que la ciencia se propone objetivos puros y la tecnología prácticos, sea cual sea el nivel de generalidad en que se sitúen? Aplicando esta respuesta a nuestro esquema, el primer y el segundo caso serían ejemplos de ciencia y el tercero y el cuarto serían ejemplos de tecnología.

Aunque quizá esta clasificación pudiera parecer correcta, estaría basada en razones inadecuadas, ya que sigue siendo una visión bastante ingenua del asunto. Pues si bien el baconiano se muestra demasiado grosero al afirmar que detrás de la ciencia siempre se esconden motivos prácticos, el aristotélico (moderado o no) es demasiado cándido al creer que está guiada *siempre* por metas puras. Hay veces en que esa pregunta clásica de la ciencia sobre *cuál es el modo particular en que están dispuestas las cosas* está fuertemente vinculada con la pregunta de *cómo podemos alterarlas a nuestro favor*. Así, es un hecho conocido que las indagaciones sobre la estructura atómica de Niels Bohr y su teoría de la fisión nuclear estaban directamente motivadas por la idea de generar una bomba atómica.

¹⁸ Gruender, «On Distinguishing Science and Technology», p. 458.

A decir verdad, hay una gama de distintos niveles de pureza entre los objetivos que pueden conducir una investigación científica: desde el deseo de conocer el origen del universo, pasando por el intento de descubrir las causas de enfermedades frecuentes en la especie humana, hasta la idea de averiguar la forma de enriquecer una masa mínima de uranio.

Entonces, ¿qué distingue realmente a la ciencia de la tecnología? Si la diferencia no se encuentra ni en la sola calidad práctica de los objetivos ni en el simple nivel de generalidad de la investigación, ¿por qué no buscarla en la relación que hay entre ellos? Nuestra propuesta irá justamente en esa dirección: la diferencia entre ciencia y tecnología reside en una relación particular entre la meta y la amplitud de una investigación. No se trata de una relación de mutua implicación, como plantearía el aristotélico contemporáneo. Se trata de una relación gradual y compleja: el grado en el que la particularidad de la meta restringe el nivel de amplitud de la investigación. Entre mayor sea el grado en que el nivel de practicidad de los objetivos opere de tal manera que delimite el nivel de generalidad, la investigación tenderá hacia la tecnología. Entre menor sea este grado, la investigación tenderá hacia la ciencia. Usamos la palabra *tender* puesto que suponemos que hay un *continuum* entre la ciencia y la tecnología y no una dicotomía absoluta.¹⁹

Para que esto quede claro, hay que ser explícitos acerca de qué es lo que estamos diciendo y qué es lo que no estamos diciendo. Al decir que la ciencia y la tecnología forman parte de un *continuum* de diferentes clases de investigación, no estamos diciendo que sean lo mismo o que sea inútil separarlas mediante categorías. Entre dos propiedades se pueden dar dos clases de relación: absoluta o gradual. Un ejemplo de relación absoluta se muestra entre la propiedad de ser soltero y la propiedad de ser casado. Alguien no puede ser más soltero o menos casado que otro. Un ejemplo de relación gradual es la relación entre ser gordo y ser delgado. Aquí sí podemos hablar de varios niveles en donde alguien podría ser situado entre ambos predicados. Al afirmar que la relación entre ciencia y tecnología es gradual, estamos diciendo que es análoga al segundo caso. Y así como los conceptos de gordo y delgado no dejan de ser útiles a la hora de describir personas por el hecho de designar propiedades que se pueden dar en mayor o menor cantidad, los conceptos de ciencia y tecnología no dejan de ser útiles para describir distintas clases de investigación.

En este caso, también encontramos casos paradigmáticos, casos intermedios y casos límite. Un caso paradigmático de ciencia es el de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein. Un caso

¹⁹ Véase Gruender, «On Distinguishing Science and Technology».

paradigmático de tecnología es la invención de la bombilla eléctrica de Thomas Edison. Ejemplos de casos intermedios entre ciencia y tecnología son las investigaciones médicas que estudian ciertas propiedades de las células del cuerpo humano para encontrar una manera de curar el cáncer. Un ejemplo de caso límite es el del Proyecto Manhattan, que combinaba la investigación científica sobre la fisión del átomo con la investigación tecnológica concerniente a la elaboración de la bomba atómica. A continuación seguiremos contrastando a la ciencia y la tecnología pero, por propósitos de claridad, sólo englobaremos los casos paradigmáticos de cada una de ellas.

Al hablar del nivel de practicidad de los objetivos y del nivel de generalidad en que se sitúa la indagación como factores pertinentes para determinar qué posición tiene una investigación, no estamos afirmando que baste con sumar ambos niveles para saber si se trata de una investigación científica o tecnológica. Una investigación científica puede ser muy práctica o muy particular. Lo que determina su clasificación dentro de una de estas dos categorías es el grado en que se da una relación específica entre los distintos niveles de pureza y tamaño de la meta y la amplitud: la restricción de la cantidad de amplitud por medio de la calidad de la meta. El caso del *cráter en Marte* representa un ejemplo de investigación científica, pero no por el hecho de que el bajo nivel de generalidad en que se sitúa sea compensado por el alto nivel de pureza de la meta que lo guía, sino por el hecho de que esa misma meta no restringe (o restringe en un grado muy pequeño) las respuestas que se dan ante los posibles acontecimientos imprevistos que podrían llevar a la decisión de tomar distintos rumbos a lo largo de la investigación. Lo que separa el caso del *cráter en Marte* del caso de *las manos que ven* no es que el segundo tenga propósitos prácticos sino que en el primero los objetivos dan plena libertad de que los investigadores se interesen por cuestiones relativamente externas a y no anticipadas por los propósitos iniciales, tal como estos fueron en un principio planteados.

De esta manera, la amplitud de la investigación variará constantemente e irá tomando forma según se vayan adquiriendo distintos resultados. Si el Opportunity (el vehículo espacial enviado por la NASA) hubiese encontrado en Marte rastros de una sustancia distinta al H₂O (recordemos que fue enviado para buscar agua), o incluso completamente desconocida, quienes lo mandaron a explorar no ignorarían esa información. Más bien, se interesarían por este nuevo compuesto incluso más que por la existencia de agua, y moldearían la amplitud de la investigación según los datos que se fueran adquiriendo de sus propiedades. En cambio, los investigadores que inventaron el dispositivo de orientación para ciegos, si hubieran observado un resultado imprevisto y ajeno a su objetivo principal, lo

habrían ignorado o evitado para seguir tratando de alcanzar su propósito.

No estamos afirmando que los tecnólogos sean tan obstinados como para ser incapaces de cambiar de dirección al producir sin quererlo un resultado sumamente benéfico y sorprendente. Seguramente, si por accidente encontraran una forma en que la persona que usa el dispositivo de orientación pudiera ver a través de las paredes, se alegrarían ante tal descubrimiento y harían lo pertinente para seguir adelante con él. Todos estamos familiarizados con el estereotipo del inventor que crea por accidente un X cuando buscaba desesperadamente un Y. Sin embargo, esta clase de accidentes en realidad son sumamente improbables. Y el tecnólogo, al estar consciente de ello, no atrasará ni entorpecerá su investigación con miras a obtener un resultado imprevisto y sorprendente, como alguien que gastase parte de sus ahorros en billetes de lotería. Si los resultados imprevistos que encuentra no son tan sorprendentes como para ser llamados un hallazgo o una invención, lo más probable es que los considere obstáculos para llegar a sus propósitos.

En cambio el científico, si bien está dirigido por una meta particular, está dispuesto a interesarse en accidentes y hasta a buscarlos, aunque éstos no sean realmente sorprendentes. En ciencia, es mucho más probable que ciertos datos inesperados refuten una concepción previa o den pie a una nueva teoría. Por eso lo correcto sería decir que si no intervienen otros factores, como la obtención de resultados completamente inesperados y grandiosos, la relación entre amplitud y meta en la tecnología suele ser más restrictiva que en la ciencia.

Es menester aclarar que tampoco estamos afirmando que en las investigaciones científicas la amplitud de estudio esté completamente desligada de los objetivos iniciales ni que los científicos puedan cambiar de dirección continuamente, con independencia de los propósitos del proyecto. Toda indagación debe estar controlada de antemano por metas que delimiten su rango de estudio. De lo contrario, todo se vuelve un caos. Aunque toda investigación esté determinada por un conjunto finito de objetivos, las investigaciones científicas son más flexibles en este aspecto. Si bien están guiadas por unos objetivos que cumplen la función de delimitar la amplitud de la investigación y los distintos rumbos que ella pueda tomar, gozan de mayor libertad en este sentido que las investigaciones tecnológicas.

Finalmente, al hablar de que las indagaciones tecnológicas disponen de menor flexibilidad en lo que se refiere a tomar cambios de rumbo, no estamos diciendo que éstas se atengan a un único modo de lograr sus objetivos. De hecho, el tecnólogo se caracteriza por buscar miles de maneras en que puede llevar a cabo un propósito. Si la teoría en la que se basa no funciona en el caso particular que está tratando, se

basará en otra teoría o la modificará él mismo; si los instrumentos con los que está trabajando no son adecuados para realizar sus metas, conseguirá otros, etc. La actividad tecnológica es sumamente flexible en este sentido. Hay que tener presente que cuando hablamos de *cambios de rumbo* nos referimos estrictamente a los cambios de dirección *directamente relacionados con modificaciones en el tamaño de la amplitud del proyecto*. Normalmente, el tecnólogo que busca varias soluciones distintas a un problema, se mantiene en el mismo plano de generalidad durante todo el proceso de investigación. En cambio, es bastante común que las investigaciones científicas cambien de rumbo con respecto a la amplitud inicial.

Un ejemplo radical de esto último es el descubrimiento del fondo cósmico de microondas. En 1965, los físicos Arno Penzias y Robert Wilson se propusieron encontrar la causa de que una antena de radio de microondas de los laboratorios Bell detectara una señal de calor que emanaba de todas direcciones. Al principio, pensaban que la causa era terrestre y que lo más probable era que la detección de calor se debiera a que las deposiciones de las palomas obstruían la sensibilidad de la antena. Sin embargo, se inquietaron al descubrir que esta ola de calor tenía un origen cósmico. Posteriormente, comprendieron que en realidad era un mar de radiación electromagnética, resultado de una liberación de fotones que tuvo lugar hace más de 13.000 millones de años. Al probar dicho resultado, aportaron uno de los datos más importantes para consolidar la teoría del Big Bang. Un objetivo que no abarcaba mayor amplitud que la búsqueda de los problemas de detección que podría tener una antena, desembocó en un conocimiento relacionado con una teoría sobre el origen del universo.

En resumen, tenemos un modelo para analizar la diferencia entre ciencia y tecnología según el cual ambas forman parte de un mismo continuo (con casos paradigmáticos de ciencia y tecnología en cada uno de los extremos opuestos); en donde el grado de restricción dado entre la meta y la amplitud determina el lugar donde se posiciona la investigación en cuestión. A diferencia de las concepciones aristotélica y baconiana, este criterio tiene la ventaja de no necesitar idealizaciones injustificadas acerca de la ciencia (como lo es decir que ésta sólo se ocupa de explicar y describir el mundo o que está en busca de lo verdadero y lo universal); y al mismo tiempo no cae en generalizaciones groseras (como afirmar que la ciencia no es más que una manera en que podemos controlar al mundo).

Tiene el defecto de ser algo vaga, ya que el grado exacto de restricción entre la meta y la amplitud no es algo fácil de determinar. A pesar de ello, puede resultar una buena guía a nivel conceptual al proporcionar un modo de ver las cosas que puede ser precisado en análisis más específicos. No pretendemos que la diferencia señalada

sea la única que separe a la tecnología de la ciencia, pero sí que está conectada con otras diferencias, en el sentido de ser una causa o consecuencia de que ellas existan. Además, recordemos que hemos hablado de la ciencia y la tecnología exclusivamente en lo que concierne a sus formas de investigación, de manera que las diferencias triviales, como el hecho de que la tecnología normalmente da lugar a productos materiales y la ciencia a teorías abstractas, no son relevantes.

Nuestra distinción, como muchas distinciones filosóficas, no es más que una estipulación. No se supone que corresponda con los usos que hace la gente común de los términos *tecnología* y *ciencia*, ni siquiera con los usos que hacen todos los tecnólogos y científicos. Su tarea es proporcionar un criterio intuitivo y coherente que sirva para clasificar varias formas de indagar. La concepción aristotélica y la concepción baconiana son hoy en día las más frecuentes. Es indeseable que eso sea el caso, ya que ambas son incapaces de aportar criterios adecuados para clasificarlas, financiarlas o analizar los problemas que despiertan la ciencia y la tecnología en la actualidad

Bibliografía

- Aristotle. «On “Technē” and “Epistēmē”», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 19-24.
- Bacon, Francis. «On the Idols, the Scientific Study of Nature, and the Reformation of Education», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 25-37.
- Bunge, Mario. «Philosophical Inputs and Outputs of Technology», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 172-181.
- Dewey, John. *La miseria de la epistemología. Ensayos de pragmatismo*. Edición, traducción y notas de Ángel Manuel Faerna. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva. 2000. 174 pp.
- Ellul, Jacques. «The “Authonomy” of the Technological Phenomenon», en *Philosophy of Technology: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 386-397.
- Gribbin, John R. *Biografía del universo*. Traducción de Susanna Martínez Mendizábal. Barcelona: Crítica. 2007. 305 pp.
- Gruender, C. David. «On Distinguishing Science and Technology». *Technology and Culture*. Vol. 12. No. 3 (Julio). Maryland: The John Hopkins University Press. Pp. 456-463. Consultado en <http://www.jstor.org/stable/3102999>, el 30 de septiembre de 2011 a las 19:22 horas.

- Kline, Stephen J. «What is Technology?», en *Philosophy of Techonlogy: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek. United Kingdom: Blackwell Publishing. 2003. Pp. 210-212.
- Okasha, Samir. *Philosophy of Science. A very Short Introduction*. New York: Oxford University Press. 2002. 153 pp.
- Popper, Karl. *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Routledge Classics. 2002. 513 pp.
- Putnam, Hilary. *Razón, verdad e historia*. Traducción de José Miguel Esteban Cloquel. Madrid: Tecnos. 1988. 220 pp.
- Quintanilla, Miguel Ángel. *Tecnología: Un enfoque filosófico*. Buenos Aires: Eudeba, 1991. 287 pp.
- Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. Vigésima segunda edición. Madrid: Espasa Calpe. 2001. Consultado en <http://buscon.rae.es> el 14 de marzo de 2012 a las 15:20 horas.