LA DIFERENCIA ENTRE TECNOLOGÍA Y CIENCIA

The difference between technology and science

Ian Quallenberg Menkes

Ian Quallenberg Menkes

Nació en México, el 10 de febrero de 1988. Tiene estudios de licenciatura en Filosofía en la Facultad de Filosofía y letras de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha colaborado en la "Antología de temas selectos de filosofía de la ciencia y la tecnología", en la Facultad de Ingeniería de de la Universidad Nacional Autónoma de México dentro de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. Ha participado como asistente de investigación en los proyectos: "Ciencias Sociales y Multidisciplina" del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México; "Sexualidad y reproducción adolescente en Nuevo León: análisis cualitativo de sus determinantes socioculturales en la Universidad Autónoma de Nuevo León", financiado por el programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP); "Salud sexual y reproductiva de los estudiantes de secundaria y preparatoria" de la Universidad Nacional Autónoma de México financiado por el CONACYT.

E-mail: shajor@prodigy.net.mx

Resumen

El presente trabajo aborda la distinción conceptual entre ciencia y tecnología. A partir del análisis y crítica de dos respuestas clásicas y predominantes del dilema, se explica y discute la idea de la posibilidad de una diferencia gradual entre ciencia y tecnología determinada por la relación restrictiva que se da entre el objetivo y la amplitud de la investigación.

Palabras claves: ciencia, tecnología, epistemología, metodología

Abstract:

This essay deals with the conceptual distinction between science and technology. Two classical and predominant answers given to such problem are analyzed and criticized. The idea that there is a gradual difference between science and technology which is determined by the restrictive connection between the aim and the scope of the investigation is explained and discussed.

Key words: Science, Technology, epistemology, methodology.

Introducción

Desde hace siglos, la ciencia y la tecnología se han presentado como agentes de cambios tanto históricos como sociales. Hoy en día, es imposible hacer una evaluación profunda de casi cualquier aspecto 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 la ciencia y la tecnología las instituciones?, ¿cómo deben ordenar los distintos aspectos de la investigación tecnológica y científica?, ¿están o deben estar los productos tecnológicos al servicio de la ciencia o viceversa?, etc., son sumamente relevantes. La respuesta depende de la resolución que demos a preguntas menos prácticas, que involucran estudios históricos, antropológicos y sociales, del tipo: ¿cómo se ha desarrollado históricamente la relación entre la tecnología y la ciencia y cómo ha de desarrollarse en el futuro?, ¿cómo se han fusionado los objetivos científicos y tecnológicos y qué clase de complejo están formando?, ¿goza el desarrollo tecnológico de cierta autonomía frente al científico y en qué consiste?, etc.

A su vez, estas cuestiones no pueden ser discutidas satisfactoriamente sin considerar 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. Así, nuestra tarea es modesta, pero representa un grano de arena que contribuye a la realización de un proyecto imprescindible.

La forma más fácil de responder a la pregunta sobre 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. 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

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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

«conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico»[2].

Estas definiciones parten de viejas ideas y se basan en el supuesto de que la tecnología no es más que ciencia aplicada. Sin embargo, en la actualidad, esa concepción no parece la adecuada 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. Dentro de este contexto, por ejemplo podemos afirmar que 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. Sin embargo, 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 concluir la redacción de 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 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*. Dentro de esa perspectiva, 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 adquiera 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 definición de ciencia (nos ocuparemos de la tecnología más adelante)

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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

¿Cuáles son los límites del conocimiento científico? ¿Qué teorías son científicas y qué teorías son pseudo-científicas? Como veremos a continuación, estas preguntas aún crean incertidumbre.

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 (Okasha, 2002: 153). Por ejemplo, se ha tratado de definir a 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 mencionadas. 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. Es por eso que, para demarcar a la ciencia de esta clase de disciplinas, algunos pensadores han tratado de enumerar condiciones más rigurosas.

Max Weber caracterizó a la ciencia como una disciplina en la que se llega a juicios válidos para toda persona racional (Putnam, 1988: 220). 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 existen más personas que creen en la religión que en la ciencia a pesar de que los juicios 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 retornaron al tema tratando de considerar elementos más concluyentes.

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 (Okasha, 2002: 153). Por *falseable* se entiende que existe la posibilidad de verificar que una conjetura dada puede no ser cierta. Una teoría falseable debía ser capaz de hacer

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 eran capaces de dar explicaciones de cómo los hechos eran perfectamente consistentes con la teoría. Podían decir que el progreso hacia el socialismo se hacía más lento a causa de las medidas tomadas por el Estado o los particulares, que contentaba parcialmente a los obreros frenando 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 desaprobaría 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 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 fuerza (la fuerza nuclear fuerte), que

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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. Esto muestra que el criterio de Popper es demasiado exclusivo, al dejar fuera de los límites de la ciencia casos que evidentemente forman 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 basándose en el contenido y las formas de justificación de una teoría científica. Por otra parte, hay definiciones que pretenden caracterizar la ciencia mediante una descripción del método científico (comprendiendo todo un proceso que va desde el contexto de descubrimiento hasta el de justificación). Por ejemplo, Francis Bacon describió el método científico como un proceso de: 1) observación; 2) inducción; 3) hipótesis; 4) experimentación; 5) antítesis (demostración o refutación), y 6) conclusión.

Claro que hoy existen versiones más refinadas de este esquema. No podemos analizarlas aquí pero basta aclarar que la posición de la que partimos es que no hay algo así como un único método científico. Lo que hay es un conjunto de técnicas para explicar, predecir y controlar que van evolucionando a través de la historia, que están sujetas al comportamiento de su objeto de estudio y que están fuertemente relacionadas con el cambio tecnológico (Conant, 1950: 371). No nos oponemos a una definición que trate de encontrar una simetría en las metodologías de las distintas ciencias siempre y cuando no

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

pretenda ser apriorístico y exhaustivo. 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 (Dewey, 2000: 174). Dicho esto, ha de considerarse la idea de que, dado el impacto del desarrollo tecnológico en la modificación de las técnicas científicas, para realmente entender el método científico habría que explorar primero la función de la tecnología en la ciencia.

¿Cómo delimitar el fenómeno tecnológico? 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. ¿Qué es la tecnología?, ¿una clase de producto?, ¿una especie de saber?, ¿una estructura de funcionamiento?, ¿un proceso que implica relaciones sociales y medios de producción específicos? El término tecnología es empleado en múltiples sentidos y es importante distinguirlos para evitar caer en confusiones conceptuales. Stephen Kline (Kline, 2003: 210) agrupa los principales sentidos en los que se usa tal término en tres categorías:

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. Para establecer algún tipo de ejemplo podríamos mencionar el fenómeno tecnológico del *longbow inglés* (arco de 2 metros de altura aparecida en el siglo VI). En este caso, la tecnología empezaría y acabaría con el arco mismo: un pedazo de tejo de 78 pulgadas en D, palas de 2 pulgadas de ancho y una cuerda.

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. Por ejemplo, en el caso del fenómeno tecnológico del *longbow inglés*, se engloban procesos diversos tales como las ventajas tributarias otorgadas a los artesanos expertos en su fabricación durante la Guerra de los Cien Años, o ciertas alianzas comerciales con España e Italia.

3) Tecnología como saber. Aquí la palabra *saber* se refiere al conocimiento necesario para cumplir con tareas específicas tanto en la fabricación de artefactos como en alterar

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

y controlar procesos naturales. Volvamos al ejemplo del *longbow inglés* para ilustrar esta concepción de la tecnología. Supongamos que en el siglo XIV el ejército francés hubiera quemado todos los arcos galeses y además hubiera destruido todos los centros artesanales de producción de tales arcos ¿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? Lo que queda es el conocimiento tecnológico de un instrumento momentáneamente en desuso.

A partir de aquí emplearemos el término tecnología en un sentido que pertenece a la tercera de estas categorías. Desde este contexto, abordaremos el problema restringiendo los conceptos de ciencia y tecnología al de designar medios para obtener conocimiento o formas de indagación (Gruender, 1971: 456-463). No es nada raro hacer esta afirmación en cuanto a la ciencia. En cambio, ¿qué implica para la tecnología? Según Mario Bunge (2003: 172-181), las partes del proceso tecnológico contemporáneo podrían ser divididas en: política, desarrollo, calidad y control, producción, toma de decisiones e investigación tecnológica. Nos centraremos las últimas dos etapas, puesto que ahí parecen encontrarse los elementos más relevantes del proceso tecnológico. 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 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 desinteresado y noble. 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 pertenecía a una forma inferior.

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 (Aristotle, 2003: 23) [Traducción propia][3].

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 (Aristotle, 2003: 23)[4].

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 (Aristotle, 2003: 23)[5].

[3] «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 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 suck inventions were already established, the sciences which do not aim at giving pleasure or at the necessities of life were discovered.»

[4] «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.»

[5] «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 tan the mechanic, and the theoretical kinds of knowledge to be more of the nature of Wisdom tan the productive.»

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 (Aristotle, 2003: 23)[6].

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

[6] «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 o Wisdom tan that which is desirable on account of its results, and the superior science is more of the nature of Wisdom tan 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.»

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 (Bacon, 2003: 29)[7].

Bacon introdujo la noción de que explorar el sistema causal de la naturaleza nos permite anticipar y controlar sus reacciones. 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

[7] «For man is only the servant and interpreter of Nature and he only does and understands so much as he shall have observed, in facto 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.»

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

si" como se lee, pero entienden que sus modelos son, efectivamente, sólo modelos (Gribbin, 2007: 305).

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.

Ambos 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 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 espectógrafos, 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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 baconiana. 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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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: es verdad 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 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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 hay que confundir metas con criterios.

Para la concepción aristotélica, el primer y el tercer 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, y 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 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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 independientes (Gruender, 1971: 456-463) 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, y
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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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.

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.[8] Con el fin de ilustrar esto, veamos un ejemplo en el que el grado de restricción mencionado es excepcionalmente pequeño.

[8] Gruender da un criterio similar para marcar la diferencia entre ciencia pura y ciencia aplicada. Nosotros no creemos que tal distinción sea conveniente, a la luz de lo dicho aquí sobre la idea de que la ciencia o sus subdivisiones tengan una clase definida de propósitos. Véase Gruender, «On Distinguishing Science and Technology».

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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. Esta relación excepcionalmente flexible entre el propósito inicial de la investigación y la amplitud que fue adquiriendo gradualmente es lo que nos permite situar este ejemplo como un caso paradigmático de investigación científica.

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 paradigmático de tecnología es la invención de la bombilla

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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 el 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 National Aeronautics and Space Administration (NASA)] hubiese encontrado en Marte rastros de una sustancia distinta al H_2O (recordemos que fue enviado para buscar agua), o incluso completamente desconocida, quiénes 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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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

Iberofórum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana.*
Año VII, No. 14. Julio-Diciembre de 2012. Dossier.
pp. 228-252. ISSN: 2007-0675.
Universidad Iberoamericana A.C., Ciudad de México. www.uia/iberoforum

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.

Consideremos, además, que al señalar 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; 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.

A modo de conclusión

En conclusión, 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 de 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 burdas (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 (2003), «On “Technē” and “Epistēme”», en *Philosophy of Techonlogy: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek, United Kingdom, Blackwell Publishing. Pp. 19-24.

Bacon, F. (2003), «On the Idols, the Scientific Study of Nature, and the Reformation of Education», en *Philosophy of Techonlogy: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek, United Kingdom, Blackwell Publishing. Pp. 25-37.

Bunge, M. (2003), «Philosophical Inputs and Outputs of Technology», en *Philosophy of Techonlogy: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek, United Kingdom, Blackwell Publishing. 2003. Pp. 172-181.

Conant, J. (1950), *Science and Common Sense*, USA, Yale University.

Dewey, J. (2000), *La miseria de la epistemología. Ensayos de pragmatismo*. Edición, traducción y notas de Ángel Manuel Faerna, Madrid, Editorial Biblioteca Nueva.

Ellul, J. (2003), «The "Authonomy" of the Technological Phenomenon», en *Philosophy of Techonlogy: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek, United Kingdom, Blackwell Publishing. Pp. 386-397

Gribbin, J. (2007), *Biografía del universo*. Traducción de Susanna Martínez Mendizábal, Barcelona, Crítica.

Gruender, C. (2011) «On Distinguishing Science and Technology». *Technology and Culture*. Vol. 12. No. 3 (Julio), Maryland, The John Hopkins University Press. Pp. 456-463, en http://www.jstor.org/stable/3102999 [30 de septiembre de 2011].

Kline, S. (2003), «What is Technology?», en *Philosophy of Techonlogy: The Technological Condition. An Anthology*. Editado por Robert C. Scharff y Val Dusek, United Kingdom, Blackwell Publishing.

Okasha, S. (2002), *Philosophy of Science. A Very Short Introduction*, New York, Oxford University Press.

Putnam, H. (1988), *Razón, verdad e historia*. Traducción de José Miguel Esteban Cloquel, Madrid, Tecnos.

Real Academia Española (2001), *Diccionario de la lengua española*. Vigésima segunda edición, Madrid, Espasa Calpe. 2001, en http://buscon.rae.es [14 de marzo de 2012].