

# Una axiología para las ciencias tecnológicas

## *An axiology for technological theories*

**Ana Cuevas Badallo**

Universidad de Salamanca

<acuevas@usal.es>

### **Resumen**

A lo largo de este artículo se estudian los principales análisis contemporáneos que versan sobre los valores en la ciencia actual. Se hará haciendo especial hincapié en aquellos estudios que intentan superar propuestas esencialistas y apuestan por reconsiderar el papel de las comunidades científicas. También se estudian las aportaciones realizadas sobre los valores en la tecnología, destacando el papel de los valores característicos de los ingenieros y cómo influyen en la realización de su trabajo. Se considera un área nueva, la de las ciencias tecnológicas que pueden compartir valores de las dos esferas anteriores. Los científicos emplean cálculos de coste-beneficios a la hora de decantarse por la mejor propuesta posible; los científicos-tecnólogos incluyen valores derivados de la aplicabilidad de sus conocimientos en la realización de artefactos que han de ser seguros.

**Palabras clave:** valores científicos y tecnológicos, teorías tecnológicas, métodos para elegir la mejor teoría disponible.

### **Abstract**

*In this paper I will analyze different proposals related to the role of values in science. I will consider with special attention those which try to surpass the essentialist ideas and acknowledge the importance of scientific communities during history. I also will study different approaches to the realm of values in technology, emphasizing the engineers' proper values and how these values have an influence in their everyday work. I want to suggest a new area of study: technological sciences, which share values with basic science and technology. As well as scientists need to make costs-benefits analysis to choose among the different available possibilities, technologists have to take into account also values related with the applicability of their knowledge during the building of safety artefacts.*

**Key words:** science and technology values, technological theories, methods for choosing the right theory.

## 1. Introducción

A lo largo de la historia de las distintas disciplinas científicas se pueden distinguir momentos en los que los científicos comienzan a considerar la pertinencia de nuevos conceptos, abandonando simultáneamente otros; en los que aceptan novedosas metodologías y renuncian a otras que pasan a ser obsoletas; en los que reconsideran el papel de las instituciones en las que se llevan a cabo las investigaciones científicas y reducen o amplían las atribuciones de personas y lugares. Tradicionalmente la filosofía de la ciencia ha supuesto que todas estas decisiones se producen, al menos en la mayor parte de los casos, de manera sopesada, guiándose los científicos por criterios de racionalidad –no en vano el trabajo científico es el prototipo de actividad racional–. Y, basándose en esta racionalidad, algunos filósofos han coincidido en la idea de que la ciencia está libre de valores, en tanto en cuanto los valores dependen de criterios subjetivos. La ciencia pertenece al reino de lo objetivo, incontaminado por cuestiones relativas al gusto o a las pasiones. De esta manera, los motivos o valores empleados para reconsiderar conceptos o métodos serán en todo caso de tipo puramente epistémico, es decir, en beneficio y a mayor gloria del progreso del conocimiento científico.

De todos es sabido que esta concepción del conocimiento científico se ha ido transformando a lo largo del siglo xx, sobre todo después de la revuelta que supuso la *Estructura de las revoluciones científicas* de T. S. Kuhn. Con este libro (y muy a pesar del autor, que intentó corregir ciertas consecuencias no deseadas años más tarde) se abría la puerta a que otros señalaran que entre los motivos por los que se imponía un paradigma en la historia era preciso considerar también motivos subjetivos, cosas tales como ciertos rasgos de carácter de los distintos científicos (su carisma o su liderazgo), las influencias políticas (externas, pero también internas), de género (con una supremacía

masculina en el número de investigadores que se reflejaba en consideraciones, por ejemplo, acerca de la inteligencia humana y el tamaño del cráneo), raciales (aquí se puede traducir el sesgo de género para el caso de la raza), así como factores de suerte u oportunidad. La reacción de muchos filósofos fue la consideración de que se estaba cometiendo una traición contra el mejor de los conocimientos posibles, por lo que se plantearon la necesidad de reivindicar y hacer explícitos los valores epistémicos que antes se habían dado por supuestos. Otra reacción fue la protagonizada por aquellos que durante mucho tiempo habían abrigado en su pecho un cierto desdén hacia lo que consideraban un “cientificismo” exagerado. Se confirmaba su sospecha de que los científicos no son necesariamente profesionales sin tacha y ejemplos de honradez. La conclusión les pareció obvia, no era posible seguir sosteniendo que el conocimiento científico era superior a otras maneras de comprender el mundo. Los científicos son egoístas, cometen fraudes y se dejan influir por la propaganda política (igual que cualquiera).

Entre ambas actitudes se ha ido abriendo un sendero por el que caminan aquellos que consideran que la ciencia es una labor llevada a cabo por personas que pertenecen a culturas y momentos históricos determinados, que no son ajenas a la influencia de los valores predominantes en los contextos en los que llevan a cabo su trabajo. Sin embargo, ello no quiere decir que lo que se acepta como buen conocimiento científico se admita solamente por una situación de dominio en la estructura política. Se pueden señalar conjuntos de reglas, valores, máximas de actuación o como se los quiera llamar, que se intentan respetar y que sirven para decidir cosas tales como qué es un área adecuada de estudio, qué metodología se ha de emplear y cuáles son los resultados pretendidos en cada caso, así como cuáles son los mejores medios de comunicación

científica o la mejor manera de reconocer la valía profesional de un colega. Dentro del grupo de pensadores que se han decantado por esta vía se han manifestado dos tendencias en cuanto al carácter que atribuyen a esos valores, en el sentido de si constituyen un conjunto definitivo o si es más bien provisional. Los primeros han considerado que esos valores son los que nos permiten caracterizar la ciencia y que, por lo tanto, han sido permanentes a lo largo de la historia y *esenciales* a la ciencia en tanto que ciencia. Otros, sin dejar de aceptar que existe un conjunto de valores históricamente característico, se han planteado que son el resultado de un proceso de progreso o de “destilación” de los mejores valores, que han cambiado a lo largo de la historia y de las culturas en los que se han desarrollado. Así, los valores actuales son los mejores disponibles, aunque no son ajenos a un cambio futuro (esta actitud derivada quizá de una inducción histórica no necesariamente pesimista).

Sin embargo, el panorama no se limita a estas pocas opciones. Como viene siendo habitual en la filosofía de la ciencia contemporánea, una vez que se inaugura una nueva línea de análisis se hace patente la necesidad de reconsiderar aspectos que no se habían tenido

en cuenta hasta ese momento. Así pues, es preciso tener presente que la reflexión que se haga sobre los valores puede ser distinta si estamos hablando de ciencias básicas o ciencias tecnológicas. En este artículo se tratará precisamente de este asunto y se intentará sacar a la luz las nuevas características deseables para el conocimiento científico que exige la sociedad.

En primer lugar, se hará un repaso de las propuestas más significativas que se han realizado en los últimos años acerca de los valores en la ciencia. A continuación se mostrarán las principales aportaciones al asunto de los valores y el trabajo tecnológico. En tercer lugar se propondrá una caracterización de las ciencias tecnológicas y se mostrará que una de las maneras de distinguirlas de las ciencias básicas es, precisamente, a través de los valores predominantes en cada una de ellas. Para finalizar, se intentará mostrar cómo las sociedades contemporáneas, a través de su demanda de obtención de resultados que contribuyan a mejorar las condiciones de vida de los seres humanos, se van decantando hacia valores más característicos de las ciencias tecnológicas que de las ciencias básicas.

## 2. Ciencia y valores

Como se ha comentado, uno de los aspectos relativos a la ciencia que ha concitado más atención en los últimos años ha sido el axiológico o el relativo a los valores característicos del quehacer científico. Actualmente, los filósofos de la ciencia no consideran que los valores son necesariamente dañinos para la ciencia y reconocen una gran variedad de funciones y formas entre ellos: incluso se considera que desempeñan una función necesaria en el desarrollo racional y cognitivo del conocimiento científico. Estos valores han sido denominados *valores epistémicos* (McMullin, 1982; A. Goldman, 1994), *cognitivos* (Laudan, 1984) o *constitutivos* (Longino, 1990).

La lista de valores que guían la actividad científica varía entre autores. Kuhn (1977), intentando dejar clara su postura con respecto a los criterios de elección entre teorías científicas, distinguió cinco características de las mismas que los científicos valoran en ese trance: precisión, coherencia (tanto interna como referente a otras teorías consolidadas relevantes), amplitud de alcance (sus consecuencias deben ir más allá de los datos que directamente explica), simplicidad (capacidad de presentar de forma organizada fenómenos que de otra forma aparecen aislados y confusos), y fecundidad (para ulteriores investigaciones). Helen Longino (1990)

plantea la distinción entre valores constitutivos y valores contextuales. Los constitutivos serían tres: adecuación empírica, simplicidad y poder explicativo. Larry Laudan (1990) propone otro catálogo de características: consistencia interna, predicción de resultados inesperados y variedad de evidencias. Paul Churchland (1985) ha identificado la simplicidad y el poder explicativo como virtudes cognitivas o epistémicas que permiten ir más allá de la mera adecuación empírica. Nicholas Rescher (1999) distingue entre: (i) objetivos de la ciencia, (ii) valores de la ciencia en cuanto teoría, (iii) valores de la ciencia en cuanto procesos de producción y (iv) valores de la ciencia en cuanto aplicación, siendo los primeros los que tienen un papel director, mientras que los dos siguientes poseen un estatuto instrumental y el cuarto constituye un objetivo de la ciencia en sí mismo (es decir, pertenecería a la primera categoría): el logro del control sobre la naturaleza.

Otro tipo de estudios sobre estos problemas han sido los análisis sociales de la ciencia. Para el constructivismo sociológico, la objetividad del conocimiento de la ciencia no deja de ser más que la consecuencia de las interacciones sociales de los científicos, que como agentes humanos que son incorporan valores y objetivos puramente subjetivos. Las ciencias son conjuntos de actividades que no comparten una única ideología y que se enlazan gracias a proyectos generales ficticios. Rouse (1996, p. 239) lo afirma expresamente:

Los estudios culturales de la ciencia toman como objeto de investigación el tráfico entre la investigación científica y aquellas prácticas y formaciones culturales que los filósofos han considerado "externas" al conocimiento. [...] tampoco conceden autonomía epistémica a lo que suele aceptarse como trabajo científico.

Sin querer aceptar el relativismo implícito en estos estudios, la filosofía de la ciencia contemporánea no ha podido permanecer impasible ante el hecho de que los límites clásicos entre

valores internos y externos de la ciencia parecen difuminarse. Así, y tal como señala J. R. Álvarez (2001, p. 3):

se consideran valores todos aquellos candidatos a valores que no son los valores epistémicos de la tradición internalista, ligados a cierta representación de la llamada "racionalidad" científica: p.e. la precisión, la simplicidad, la adecuación empírica, la capacidad heurística, etc. La reciente irrupción del tema o problema de los valores en la ciencia va ligada esencialmente a la internalización de los intereses individuales, sociales y políticos, los contenidos ideológicos, los contextos culturales, las posiciones sociales sectoriales, etc.; en suma, todo aquello que una tradición purista y autónoma de la racionalidad científica había segregado fuera de su perspectiva, al menos en lo referente a las ciencias formales y, dentro de las empíricas, a buena parte de las naturales.

Carlos Solís señalaba algo similar en 1994 cuando analizaba la necesidad de "distribuir los intereses que operan en la toma de decisiones científicas" (p. 42), de tal manera que a los valores epistémicos de los estudios internos hay que añadir los intereses de los estudios externos (tanto históricos, como sociológicos o económicos, por ejemplo), quedando ahora todos ellos integrados en el conjunto de los presuntos intereses. En una línea similar se situarían aquellos valores identificados por Longino (1996) como desiderata habituales en los textos de la filosofía feminista de la ciencia: adecuación empírica, novedad, heterogeneidad ontológica, interacción mutua, aplicabilidad a necesidades humanas presentes y difusión de poder.

Sin embargo, el hecho de reconocer la importancia de factores sociales y culturales como *intereses científicos* no significa que no puedan establecerse diferencias con los *valores característicamente científicos*. Posiblemente la tendencia de algunos filósofos de la ciencia a alejarse de posturas esencialistas les haya llevado a la conclusión de que la idea de que los únicos valores científicos sean los "epistémicos" es demasiado estrecha. Y, efectivamente, esto

es así. Pero la otra tesis fuerte del esencialismo, la de que existe un conjunto *permanente* de valores característicos (y esenciales) en la ciencia, no queda definitivamente invalidada porque incluimos valores sociales entre los valores científicos. La cuestión a determinar es si esos valores característicos han sido y serán definitivos para la comunidad científica o si, por el contrario, estos criterios han cambiado y pueden volver a cambiar en el futuro debido a cambios sociales y culturales externos a la ciencia y a reconsideraciones sobre el trabajo científico hechas desde dentro de la ciencia.

Dudley Shapere (1984), puede servirnos como representante de aquellos que se oponen radicalmente al “esencialismo” en sentido estricto. Para este autor nada es inmutable y pone como ejemplo algo tan “aparentemente” inalterable como las leyes de la lógica, que también se han modificado como consecuencia de ciertos resultados de la práctica científica. En todo caso, lo máximo que Shapere concede es la persecución de dos criterios generales para la ciencia. El “éxito”, que define lo bien que una explicación científica particular da cuenta de los elementos de un dominio concreto, y la “adecuación”, que conjuga las características de la consistencia, la completud y la compatibilidad. Estos criterios son el resultado de un proceso histórico y han ido modificándose a lo largo de él. Una vez que se han considerado transcendentales, se incorporan al proceso científico, pudiendo, a partir de este momento, revisarse o incluso rechazarse. En este sentido, se puede hablar de valores epistémicos que garantizan la racionalidad, aunque no son criterios definitivos ni metacientíficos.

Larry Laudan en *Science and Values* (1984) proponía un argumento heracliteano: las teorías cambian, así como los métodos y los valores científicos. ¿Cómo podemos, entonces, hablar de progreso en la ciencia? Su respuesta es que no necesitamos juzgar el progreso refiriéndonos a los objetivos sostenidos por los científicos. En su lugar, la determinación del progreso ha

de ser “relativa a nuestra propia perspectiva acerca de los objetivos de la ciencia”. Preguntar si la ciencia ha progresado es preguntar “si el desarrollo diacrónico de la ciencia ha alcanzado fines cognitivos que consideramos deseables o que merecen la pena” (Laudan, 1984, p. 65). No se puede aceptar una noción del progreso más absolutista. “No hay manera de escapar al hecho de que la determinación del progreso tiene que hacerse en relación a un conjunto de fines, y que no hay un único conjunto de tales fines que pueda considerarse apropiado” (Laudan, 1984, p. 64).

Esta noción del progreso no es tan firme como la que había defendido el propio Laudan en *Progress and its Problems* (1977), donde consideraba la existencia de una racionalidad general que transcendía a las particularidades de cada época histórica. Allí señalaba que hay ciertas características de la teoría de la racionalidad que son transtemporales y transculturales, que son aplicables al pensamiento de los presocráticos, o al desarrollo de las ideas en la Edad Media, como lo son a la historia de la ciencia más reciente. Por lo que parece, se produce una transformación en el pensamiento de Laudan. Si bien, en (Laudan, 1977) concebía el progreso de la ciencia como una mejora en la solución de problemas y la racionalidad como la maximización del progreso dentro de las tradiciones científicas, en (Laudan, 1984), afirma que no hay un único conjunto de objetivos apropiados en la ciencia, por lo que lo mejor que podemos hacer es relativizar las valoraciones sobre el progreso a los objetivos en los que actualmente creemos.

Helen Longino también se sitúa entre aquellos que consideran que no es posible seguir manteniendo la distinción entre valores constitutivos y valores contextuales. Por un lado, porque considera incorrecta la suposición de que la ciencia está libre de valores externos, y la consecuencia de que sólo podamos comprender el desarrollo cognitivo y su importancia prestando atención a sus valores constitutivos, mientras

que los valores contextuales sólo serían interesantes para los historiadores y los sociólogos. Por otro lado, porque una explicación mejor del desarrollo cognitivo de la ciencia requiere abandonar la distinción constitutivo/contextual, aunque ésta pueda ser útil para una discusión preliminar. Hay momentos, según Longino, en los que los valores constitutivos se pueden transformar en valores contextuales y viceversa. Ahora bien, si el razonamiento científico es tan poroso al contexto, ¿qué impide que una teoría sea enteramente subjetiva? Longino en (Longino, 1990) se decantaba por el papel de la comunidad científica como garante de una cierta objetividad en la elección de teorías. Así, la interacción crítica entre los diferentes puntos de vista de los miembros de una comunidad científica mitigaba la influencia de los posibles prejuicios en la elección de teorías. Las comunidades científicas critican públicamente las evidencias, los métodos y las suposiciones y razonamientos; sus teorías y creencias tienen que cambiar a lo largo del tiempo en respuesta a las críticas que van apareciendo; y además, han de tener criterios reconocidos públicamente para evaluar las teorías, las hipótesis y las prácticas observacionales. Tales criterios sirven como normas regulativas ideales del discurso en la comunidad, aunque estos criterios no son conjuntos estáticos, sino que pueden ser criticados y transformados en referencia a otros criterios, objetivos o valores. La existencia del consenso no ha de depender del ejercicio del poder económico o político, o de la exclusión de perspectivas disidentes, sino que ha de ser el resultado de un diálogo crítico en el que todas las perspectivas relevantes estén representadas. Este tipo de interacciones científicas reducen la posibilidad de que

las preferencias idiosincrásicas de los individuos puedan incorporarse sin más en el conjunto del conocimiento científico<sup>1</sup>.

En una línea similar se sitúa Susan Haack (1996) al considerar la importancia del grupo en la determinación de las características del conocimiento científico. Gracias a los criterios epistémicos se puede concluir que la ciencia ha obtenido gran éxito a lo largo de su desarrollo, y que si no está epistemológicamente privilegiada, al menos sí goza de cierta “distinción” epistemológica. Las investigaciones científicas se distinguen de otro tipo de investigaciones gracias a una serie de características especiales, a saber: el compromiso sistemático con la crítica y la prueba, planes experimentales de muy diversas clases, constantes y sistemáticos esfuerzos para aislar las variables, instrumentos de observación (entre los que incluye el microscopio y el cuestionario), el complejo aparato matemático para la evaluación estadística y la modelización matemática, y el compromiso cooperativo y competitivo de muchas personas, dentro de las comunidades y a través de generaciones. La importancia epistémica del carácter social de la ciencia es compleja y sutil, no depende simplemente de implicar a mucha gente, sino de su organización interna y de su medio externo. La investigación científica avanza gracias a la división del trabajo. El resultado de la especialización resultante no es sólo una mayor profundidad del conocimiento, sino la necesidad de hacer encajar las aportaciones de cada grupo en el proyecto común. El carácter social de la ciencia también contribuye a compensar las debilidades e idiosincrasias individuales (de manera similar a lo que señalaba Longino)<sup>2</sup>.

Como se puede ver, algunas de las últimas consideraciones en filosofía de la ciencia tienden

1. Unos años más tarde (Longino, 1996), Longino ha llegado incluso a cuestionarse si los valores cognitivos son realmente cognitivos, es decir, epistémicos o conducentes a la verdad.

2. Otro autor que más recientemente ha tratado sobre el asunto del papel de la comunidad ha sido Philip Kitcher (2001), aunque incidiendo en los aspectos externos y dejando inalterados los internos. En este caso, la preocupación de Kitcher no son los valores característicamente científicos, sino el papel de la sociedad en la determinación de las líneas de investigación que ella considera relevantes. La decisión democrática cede el paso a la discusión entre expertos (no necesariamente científicos).

a difuminar los límites del conjunto de valores característicos de la ciencia, dejando en todo caso en manos de los científicos la determinación de lo que sea el buen conocimiento científico. No se proponen conjuntos definitivos, esenciales a todo momento y circunstancia social o cultural, y se reconoce la función depuradora de la comunidad científica. Por supuesto, el rechazo del esencialismo no tiene por qué conducirnos a un “todo vale” o a una actitud de desesperanza con respecto al conocimiento producido por los científicos. Lo que sí parece claro para este conjunto de autores es que no se puede seguir sosteniendo desde la filosofía de la ciencia una actitud

normativa basada en consideraciones idealizadas acerca de qué deba ser la ciencia. En todo caso, se está produciendo un deslizamiento hacia actitudes más descriptivas, de tal manera que se reconoce la necesidad de tratar el asunto de las normas que rigen el trabajo científico, aunque éstas se derivan de la propia práctica científica y no de criterios ideales (y en muchos casos inalcanzables) impuestos desde la filosofía.

Como comentaba en la introducción, todas estas consideraciones se acrecientan si en lugar de considerar la ciencia de manera aislada también incluimos el aspecto tecnológico. De este tema se tratará precisamente en el siguiente apartado.

### 3. Tecnología y valores

Posiblemente el aspecto axiológico de la tecnología sea también uno de los más estudiados en los últimos años. En este caso, y dadas las características propias de la tecnología que la hacen tan diferente de la ciencia, las reflexiones realizadas al respecto tienen un corte completamente diferente, poniendo el énfasis sobre todo en los aspectos derivados de las prácticas de los ingenieros y de su responsabilidad social ante el público y los consumidores. La tecnología tiene la capacidad de intervenir y modificar las sociedades, las culturas, las costumbres e incluso las normas morales, y por ello ha sido estudiada con mayor interés por filósofos especializados en el área de los valores. Los ingenieros son cada vez más conscientes de la responsabilidad social y ética que se deriva de los productos que crean y producen, viéndose por ello impelidos a desarrollar códigos deontológicos que les ayuden en las difíciles situaciones en las que tienen que

elegir entre el bien social general y el bien de la empresa. Como decía Steven Goldman (1990, p. 147): “From the start engineering must be understood as integral to its social context, on which the products of its work act, often with unanticipated consequences, and to which the content and the conduct of engineering is a response”.

Se han desarrollado al efecto éticas para ingenieros, a modo de éticas profesionales, que además introducen una reflexión sobre el papel social específico de los ingenieros<sup>3</sup>. Los manuales empleados para enseñar ética a los ingenieros suelen versar acerca de temas tales como maneras de evitar los conflictos de interés (entre la empresa y los consumidores, por ejemplo); de cómo y hasta qué punto se ha de proteger el secreto y la confidencialidad de la empresa; de si existe y cómo ha de ser empleado el derecho a disentir; de la responsabilidad profesional y,

3. Se han propuesto diversas definiciones de lo que puede ser una ética para ingenieros: “(1) the study of the moral issues and decisions confronting individuals and organizations involved in engineering; and (2) the study of related questions about moral conduct, character, policies, and relationships of people and corporations involved in technological activity” (Martin & Schinzinger, 1996, p. 23). Un año antes Charles Harris, Michael S. Pritchard y Michael Rabins (1995) proponían que: “engineering ethics is a type of professional ethics and as such must be distinguished from personal ethics and from the ethical obligations one may have as an occupant of other social roles. Engineering ethics is concerned with the question of what the standards in engineering ethics should be and how to apply these standards to particular situations” (p. 14).

por supuesto, de la obligación de proteger la seguridad, la salud y el bienestar públicos.

Uno de los temas clásicos sobre los modos de solucionar conflictos de interés entre los objetivos de la empresa y la seguridad o la salud de los ciudadanos es la “denuncia de irregularidades” (*whistle-blowing*). Las empresas son entidades orientadas a obtener beneficios y los gerentes son agentes dedicados a actuar en interés de la empresa y se supone que se dedican a realizar análisis de coste-beneficios. Los resultados de estos análisis pueden no coincidir con los que realizan los ingenieros (los otros agentes esenciales en la empresa), de tal manera que según el cálculo de los gerentes se puede valorar menos la seguridad de lo que requiere la responsabilidad de los ingenieros como creadores de tecnologías. Muchas de las orientaciones que se han propuesto desde la ética para los ingenieros se han ocupado fundamentalmente de este tipo de conflictos, aunque las soluciones pueden diferir de manera sustancial<sup>4</sup>.

Otro de los tópicos frecuentes en los estudios de ética para ingenieros es la distinción entre la moral del ingeniero y la del gerente, derivada en gran medida del aspecto anterior y la diferencia entre los intereses de ambos. Así, Harris, Pritchard & Rabins (1995) distinguen entre “decisiones adecuadas tomadas por los ingenieros” y “decisiones adecuadas tomadas por los gerentes”. Las primeras

should be made by engineers or at least governed by professional engineering practice because it involves (1) technical matters that fall within engineering expertise or (2) the ethical standards embodied in

engineering codes, especially those requiring engineers to protect the health and safety of the public” (Harris, Pritchard & Rabins, 1995, p. 278).

Mientras que las segundas

should be made by managers or at least governed by management considerations because (1) it involves factors relating to the well-being of the organization, such as cost, scheduling, marketing, and employee morale or well-being; and (2) decision does not force engineers (or other professionals) to make unacceptable compromises with their own technical practices or ethical standards (Harris, Pritchard & Rabins, 1995, p. 278).

Los filósofos dedicados a la ética para ingenieros por lo general asumen que el principal obstáculo con el que tiene que enfrentarse un ingeniero a la hora de actuar de forma ética, tomando en consideración la seguridad pública, es el cálculo amoral de costes y beneficios realizada por los gerentes (que realizan su cálculo de coste-beneficios basándose en factores que los ingenieros no tienen por qué tener presentes) en los que la carga de la prueba se pasa al oponente, es decir, se promueve la creación de artefactos siempre y cuando no se demuestre que son dañinos (*no evidence of harm*), en lugar de buscar la demostración de que esos productos son seguros (*evidence of no harm*). La “solución” a este problema se suele limitar a exigir a los ingenieros que actúen heroicamente y que se resistan ante esos cálculos amorales. Sin embargo, un excesivo énfasis en la resistencia heroica da lugar a una dicotomía en el debate acerca de la denuncia de irregularidades, como se pone de relieve en el libro *Beyond Whistleblowing* (Weil, 1983)<sup>5</sup>.

4. Por ejemplo, Vivian Weil (1983) se cuestiona si la denuncia de irregularidades en el ámbito de la ética para ingenieros puede justificarse mediante argumentos que utilicen la teoría moral. Mike Martin y Roland Schinzinger (1996) defienden, en cambio, que los ingenieros deberían buscar soluciones dentro de la empresa antes de emplear la denuncia de irregularidades, dejando ésta como último recurso. Stephen Unger (1994), por otro lado, ha analizado el papel que tienen las sociedades de ingenieros, los códigos de ética, los sindicatos de ingenieros, los abogados, las agencias reguladoras y los procedimientos internos y cómo pueden apoyar a los ingenieros que denuncian a sus empresas.

5. Mientras que Kenneth D. Alpern (1983) sugería que los que quieran dedicarse a la ingeniería deben estar preparados para llevar a cabo en muchas ocasiones una resistencia heroica, Samuel Florman (1983) argumentaba que no se puede depender de la responsabilidad moral individual para evitar desastres tecnológicos, sino que deberían promoverse regulaciones gubernamentales que orienten las actuaciones al respecto.



En cualquier caso, en estas propuestas deontológicas se defiende una consideración de la ética como un acto individual, ignorando que los dilemas morales y las posibles respuestas éticas dependen del nivel organizativo y colectivo en el que se producen los problemas morales, es decir, las empresas (bien sean públicas o privadas).

Y otro tanto cabe decir de los estudios basados en ejemplos paradigmáticos. Al igual que sucede en la ética aplicada, la ética para ingenieros también ha redundado en cierta casuística y en razonamientos basados en este tipo de casos. Estos casos hipotéticos que se utilizan en las éticas para ingenieros se centran en las acciones de un ingeniero que se enfrenta a un problema moral, sin proporcionar una explicación contextualizada de dicho problema, una explicación que tenga en cuenta cosas tales como las rutinas del lugar de trabajo, de la historia pasada de decisiones vinculadas, de los recursos de los que dispone el ingeniero o las acciones de otros agentes enfrentados a situaciones similares. Por ello, a pesar de que esos casos proporcionan un mayor grado de concreción a la hora de analizar ciertos asuntos éticos en ingeniería, en el fondo adolecen del mismo defecto que los estudios basados en la denuncia de irregularidades: su selectividad al considerar únicamente las acciones particulares de agentes morales individuales.

En la última década, y para evitar este sesgo en los casos, se han incorporado los estudios interdisciplinarios sobre ciencia y tecnología (Jasanoff *et al.* 1995; Lynch & Kline, 2000), que incorporan la multiplicidad de agentes que suelen tomar parte en los acontecimientos, así como el contexto social, político o económico en el que tienen lugar. Los estudios de ciencia y tecnología proporcionan herramientas conceptuales que los ingenieros pueden

emplear a la hora de identificar las características problemáticas de su trabajo y ejercitar su propia imaginación, tanto individual como colectivamente y así desarrollar sus propias estrategias para enfrentarse con estos problemas (Lynch & Kline 2000, p. 202)<sup>6</sup>. Lynch & Kline defienden que la educación en ética para los ingenieros debería ser enriquecida a través del contexto social y cultural. Consideran que los estudiantes tienen que desarrollar habilidades para identificar problemas éticos en las prácticas habituales de los ingenieros incluso cuando no hay una amenaza sobre la seguridad pública inmediata. Las decisiones éticas importantes están configuradas por los contextos institucionales y culturales. Los ingenieros trabajan en ambientes donde su capacidad para tomar decisiones está constreñida por la cultura corporativa u organizativa en la que trabajan. Rara vez son libres para diseñar tecnologías fuera del esquema de costes y programas temporales impuestos por la jerarquía corporativa, por la agencia gubernamental o por las presiones del mercado. Las reglas que gobiernan la propiedad de la información y los estándares internos del secreto y la confidencialidad hacen difícil para cualquiera dentro de la organización empresarial tener una apreciación clara de todos los asuntos que el diseño puede conllevar.

Como puede verse, en el caso de los valores y la tecnología el análisis está tomando un cariz muy similar al que hemos visto para el caso de la ciencia. Se hace imprescindible contextualizar los problemas y tener en cuenta los diferentes actores y sus intereses de manera que se obtenga el máximo beneficio para todas las partes. Sin embargo, tanto la filosofía de la ciencia como la reflexión sobre los valores y la ética para la ingeniería no suelen tener presente un área intermedia que requiere de

6. Otros autores (Collins, 1985; Downey & Lucena, 1995) proponen que los ingenieros, a la hora de anticipar las amenazas potenciales contra la seguridad pública, no sólo deben basarse en una filosofía moral abstracta, sino también en los estudios llevados a cabo por sociólogos e historiadores en el ámbito de los estudios de ciencia y tecnología.

una reconsideración especial, las ciencias tecnológicas<sup>7</sup>. Veremos también cómo los valores característicos de este tipo de ciencias están en gran medida determinados por la función que han de desempeñar proporcionando una base fiable sobre la que los ingenieros se asentarán a la hora de llevar a cabo su trabajo. Al mismo tiempo, la obligación de proteger la seguridad, la salud y el bienestar públicos que se ha destacado como uno de los valores fundamentales

que guía el trabajo de los ingenieros se va a convertir en uno de los valores imprescindibles en la elección de modelos científicos para las ciencias tecnológicas.

El siguiente apartado se dedicará a exponer una propuesta de caracterización de estas ciencias especiales, diferentes de otro tipo de ciencias por el objetivo práctico que las anima<sup>8</sup>, destinando el siguiente a la reconsideración de los valores propios de este tipo de ciencias.

## 4. Ciencias tecnológicas

Las reflexiones filosóficas sobre la tecnología, tanto las que han intentado proponer una caracterización analítica de la misma como las que se ocupan de las consecuencias de los desarrollos tecnológicos, coinciden en señalar que existe una relación estrecha entre la tecnología y la ciencia. Las aportaciones más recientes<sup>9</sup> apuntan que si bien la tecnología es tributaria de la ciencia en cuanto a los conocimientos fundamentales que requiere para la innovación, no es menos cierto que la ciencia contemporánea sería imposible sin los artefactos tecnológicos empleados en la observación, experimentación y creación de modelos. De esta manera, definir la tecnología como ciencia aplicada, una idea ampliamente extendida en ciertos sectores de la filosofía de la ciencia del segundo tercio del siglo xx, es una simplificación que no ayuda en absoluto a comprender la naturaleza compleja de la tecnología y de sus relaciones con la ciencia.

Algunos historiadores como Edwin Layton (1988) o Ronald Kline (2000), economistas como Nathan Rosenberg (1982), Richard P. Nelson (1982) o Christopher Freeman (1982), ingenieros como Walter Vincenti (1990; 2001) y filósofos como Joseph Agassi (1985), Fredrich Rapp (1981) o Ilkka Niiniluoto (1995) han ido aún más lejos y han indicado que en ciertas ocasiones los desarrollos tecnológicos pueden requerir de nuevos conocimientos de carácter tecnológico-científico, al que han agrupado bajo el nombre de teorías tecnológicas o ingenieriles.

Las primeras investigaciones que se realizaron con respecto al conocimiento tecnológico se dedicaron al conocimiento operativo o *know-how*, maneras subjetivas y, en muchos casos, incomunicables verbalmente (al contrario que todo buen conocimiento teórico) de comprensión (Drucker, 1961; 1963; Hall, 1962; Feibleman, 1966). Algunos filósofos reclamaron que ésta no es la única forma de conocimiento propiamente

7. Un caso excepcional lo constituye el interesante texto de Javier Echeverría (1995), en el que trata de los valores en el contexto de aplicación –refiriéndose a la tecnología–. Algunas razones para la discrepancia con la propuesta de Echeverría se verán más claramente a lo largo del siguiente apartado. Si bien es cierto que las relaciones entre la ciencia y la tecnología son cada vez más complejas y en ocasiones puede resultar complicado distinguir límites entre ellas, ello no quiere decir que desde el punto de vista conceptual no seamos capaces de señalar diferencias claras entre ambos fenómenos.

8. En ese sentido no se está de acuerdo con David B. Resnik (1993) cuando consideraba que los objetivos de la ciencia no justifican diferencias en las reglas metodológicas. Como se verá, diferentes objetivos pueden hacer que se considere de manera muy diferente si una regla es necesaria, superflua o, incluso, perjudicial para los objetivos que animan a las investigaciones científicas.

9. Pitt, 2000; Radder, 1996.

tecnológica: se estaba dejado de lado el conocimiento necesario para el diseño de artefactos complejos. Para llevar a cabo tareas de este tipo no es suficiente con poseer *know how*, o en todo caso no del mismo tipo que el que tiene un artesano. Se pasó a hablar de *know-how* de alto nivel, y de conocimientos operativos altamente sofisticados, que no son comunicables pero que no tienen el grado de elaboración de una teoría científica (Bucciarelli, 1988, 1994; Vincenti 1990, pp. 207-225; Petroski, 1992, 1996; Constant, 1999). Actualmente se ha comenzado a tratar el asunto del conocimiento surgido durante el proceso de la fabricación de artefactos (Baird, 2000, 2001a, 2001b, 2002). Si se admite, como parece plausible, que entre los elementos característicos de la tecnología moderna se hallan ciertas teorías tecnológicas, entonces los estudios epistemológicos deben ocuparse de indagar sus rasgos particulares, la metodología que se emplea durante la investigación, el carácter de los resultados, los rasgos de las teorías, las hipótesis y las leyes, su papel en el diseño y la fabricación de artefactos tecnológicos, así como el tipo de relaciones que mantiene con otras ciencias (Ver Cuevas, 2005a).

Aportaciones como las de estos autores han contribuido a que se comience a superar la idea simplificadora (aunque ello no quiere decir que haya desaparecido del todo) de que todo conocimiento teórico presente en la tecnología proviene de las ciencias, sobre todo de las naturales. De todas formas, en algunas de estas caracterizaciones, como es el caso de las defendidas por Bunge o Rapp, todavía persiste la tendencia a seguir considerando estos

conocimientos como el resultado de un cierto proceso de transformación (que no se explica satisfactoriamente) de otros conocimientos previamente surgidos en el área científica. Esta tendencia parece derivarse de la relación privilegiada que algunos filósofos de la ciencia consideran que existe entre el conocimiento científico y la realidad: las teorías científicas proporcionan conocimiento *verdadero* sobre el mundo (realismo), y la prueba de ello son los artefactos tecnológicos que podemos crear con ellas<sup>10</sup>. Sin embargo, puede defenderse que esta idea es sólo parcialmente correcta. Por un lado, no parece sostenible que *todas* las teorías científicas se puedan aplicar en la realización de un artefacto tecnológico, al menos directamente. Por otro lado, si tenemos en cuenta el grado de elaboración de los conocimientos que se precisan para la fabricación de artefactos, entonces es necesario admitir que los tecnólogos requieren de *ciertas* teorías científicas. La cuestión crucial es que en aquellos casos en los que no existe un desarrollo científico adecuado que permita solucionar problemas surgidos durante la realización de un proceso tecnológico, pueden ser los propios tecnólogos los que se encarguen de desarrollarlas. Con respecto a esas teorías es posible sostener un cierto *realismo* (aunque con limitaciones), ya que los artefactos que se generan gracias a ellas funcionan efectivamente en el mundo.

Desarrollos recientes dentro de la teoría de la ciencia muestran posibilidades diferentes para la defensa de esta posición, que no adolecen de los defectos de posturas anteriores. Es el caso del *realismo constructivo* de Ronald Giere:

10. Por ejemplo: "Science as an institutionalized art of inquiry has yield varied fruits. Its currently best-published products are undoubtedly the technological skills that have been transforming traditional forms of human economy at an accelerating rate" (Nagel, 1961, vii). En esta misma línea se puede interpretar el "argumento del milagro" de J. J. C. Smart (1963) y Hilary Putnam (1975). Una contribución más reciente la ha efectuado Radder: "Concerning experimental natural science as such, I think two legitimations play a fairly prominent and general role. The first is the claim that science is valuable because it delivers the truth about nature or, at least, promises to eventually give a true account of nature. The second major social legitimations is framed in the claim that experimental science is practically useful, that its results can often be fruitfully incorporated into all kinds of technological projects. (...) Actually, in present-day society, the 'technological' legitimations seems to be the most influential" (Radder, 1996, p. 40).

realista porque considera, desde el punto de vista ontológico, que el mundo existe independientemente de que lo conozcamos o no, y porque desde el punto de vista epistemológico no acepta el escepticismo y supone que es posible conocer las entidades del mundo, aunque eso sí, de una manera diferente a como postularía un realismo sin restricciones (Giere, 1988, p. 95). Su idea de la ciencia se enmarca dentro de lo que se ha denominado “concepción semántica de las teorías”, una concepción de las teorías científicas que se presentó como alternativa a la perspectiva sintáctica o lingüística propia de la Concepción Heredada. Las teorías, en lugar de conjuntos de proposiciones verdaderas sobre el mundo, se entienden como *conjuntos o familias de modelos*. Generalmente se considera que la relación que se establece entre los modelos y el mundo es de *isomorfía*. Giere está de acuerdo con la tesis de que las teorías son familias de modelos, pero considera más adecuado decir que entre los modelos y los sistemas reales se producen relaciones de *similitud*. No hay teorías verdaderas, sino catálogos de casos en los cuales los modelos encajan tolerablemente bien con los sistemas del mundo (Giere, 1988, p. 92). Estos modelos se generan usando principios generales y condiciones específicas (Giere, 2006). Los principios generales, que según otras interpretaciones son las *leyes científicas*, no son verdades universales, sino verdades, en todo caso, consensuadas por los científicos para el modelo en cuestión. El grado de *encaje* dependerá de cuestiones pragmáticas y no solamente ontológico-epistémicas. Es decir, además de los motivos generalmente considerados por la filosofía, los científicos pueden recurrir a otro tipo de criterios que permitirán determinar si un modelo encaja o no con los sistemas del mundo.

De ahí la segunda parte de su *realismo constructivo*. Su concepción de la ciencia incorpora también elementos *constructivistas*, habitualmente juzgados como radicalmente críticos con el realismo. Considera que la ciencia está

realizada por seres humanos, lo cual no es una característica tan baladí como puede parecer. Según este autor, los científicos, que son *agentes intencionales*, usan los modelos para representar ciertos aspectos del mundo con determinados propósitos. En la elección del mejor modelo posible intervienen desde el primer momento ciertos “valores”, siendo el más importante el de escoger aquél que proponga la mejor representación posible. La comunidad científica ayudará a consensuar la validez de los motivos.

Esta perspectiva constructivista no implica un relativismo desde el punto de vista ontológico. Los científicos escogen aquellos aspectos de los fenómenos sobre los que van a tratar, es decir, las propiedades que ellos consideran relevantes, siendo conscientes de que dejan otras muchas de lado (Giere, 1999b, p. 180). Ello no quiere decir que se “inventen” la realidad, como podría defenderse desde el constructivismo más radical, sino que el mundo es lo suficientemente complejo como para que se puedan proponer diferentes modelos sobre los mismos fenómenos, sin que eso signifique necesariamente que uno de ellos ofrece la mejor perspectiva posible (véanse también Nancy Cartwright, 1983, p. 11; Margaret Morrison, 1999; y Paul Teller, 2001). Todo depende del propósito del modelo.

Estos rasgos convierten a esta interpretación en un esquema interesante para analizar las teorías científicas en general y las *teorías de las ciencias tecnológicas en particular*. El hecho de no abandonar el realismo es de gran importancia para el caso de las ciencias tecnológicas, puesto que partir de ellas se ha de construir artefactos que funcionen en el mundo. También lo es el papel que otorga a los propósitos que, como se verá más adelante, influyen en el tipo de modelos que se consideran más adecuados.

Las teorías tecnológicas se pueden considerar como el resultado de investigaciones científicas realizadas con el fin de obtener conocimientos precisos sobre determinados aspectos de la realidad que, además, han de cumplir la función de servir de fundamento para

obtener nuevas soluciones a problemas de índole práctica o tecnológica. La característica que distingue estas ciencias de otras es su doble objetivo: por una parte buscan conocimiento de carácter teórico (objetivo cognoscitivo), pero al mismo tiempo ese conocimiento ha de poder ser empleado en la solución de problemas prácticos (objetivo práctico). Se produce así una tensión entre los objetivos característicos de toda investigación científica y los propios de la tecnología (más profundamente analizado en Cuevas, 2005b).

El problema que surge de esta nueva interpretación del conocimiento tecnológico es que el criterio que tradicionalmente se ha esgrimido para distinguir las disciplinas científicas de los conocimientos implicados en la solución de problemas tecnológicos es precisamente que se ha considerado que los objetivos de la ciencia dependen de los valores que la guían, y que éstos son de corte puramente epistémico, es decir, no prácticos. Sin embargo, la tecnología, como se ha visto en el apartado anterior, se evalúa principalmente en función de criterios tales como el análisis de coste-beneficios que se lleva a cabo dentro de las empresas, o el valor moral de procurar no hacer daño a los usuarios de los artefactos tecnológicos producidos.

No obstante, si profundizamos más en el análisis veremos que a la hora de realizar su trabajo los ingenieros parten de una serie de supuestos en función de los cuales pueden realizar esos cálculos de coste-beneficios o pueden determinar si los artefactos son seguros y no suponen un daño para el público. Estos supuestos son proporcionados precisamente por las ciencias tecnológicas que proponen modelos más o menos precisos (en la mayor parte de los casos se proponen valores entre rangos cuya seguridad se ha comprobado) que harán a los ingenieros inclinarse por una u otra solución. De esta manera, se podría decir que las ciencias tecnológicas se sitúan en un terreno intermedio entre el conocimiento científico y la aplicación tecnológica. Están constituidas por modelos suficientemente generales y abstractos como para poder ser empleados en contextos tecnológicos

muy diferentes, pero al mismo tiempo no pueden estar tan idealizados como algunos modelos de las otras ciencias, puesto que se han de poder emplear con un alto grado de fiabilidad. Los cálculos realizados por los ingenieros en su trabajo se han de basar en ellos y han de ser lo suficientemente concretos para evitar cláusulas *ceteris paribus*. La consciencia de que los modelos serán aplicados a situaciones reales hace que los valores que guían la elección del mejor modelo posible en una ciencia tecnológica sean ligeramente diferentes de aquellos que guían la elección del mejor modelo en otras ciencias. De esta manera se puede afirmar que, en general, el objetivo principal de los creadores de las teorías tecnológicas es proporcionar modelos teóricos y materiales que sean de utilidad en el diseño de artefactos seguros, duraderos y eficientes.

En el momento de elegir el mejor modelo para sus propósitos el ingeniero ha de sopesar los costes y beneficios de los modelos alternativos disponibles y, como cualquier otro científico, seleccionará el modelo que salga mejor parado en el balance. La principal diferencia entre las ciencias tecnológicas y las ciencias básicas reside en los beneficios que en cada área se busca satisfacer, así como en los costes que procuran evitar.

Una crítica posible contra este planteamiento sería que parece mezclar valores tradicionalmente considerados como epistémicos con otros que se consideran pragmáticos. Sin embargo, tal y como se ha visto en el apartado en el que se trataba acerca de la pérdida de límites claros entre diferentes tipos de valores, la línea que separa los valores pragmáticos y los epistémicos resulta bastante más difícil de establecer de lo que tradicionalmente se ha venido sosteniendo. Las razones pragmáticas han resultado y resultan tener tanto peso como las epistémicas para el desarrollo científico. Es por esto que, en lugar de diferenciar entre atributos epistémicos y pragmáticos, quizá lo preferible sea establecer lo que son propiedades deseables y no deseables de los modelos.

## 5. Valores deseables para los modelos de las ciencias tecnológicas

Los modelos de las ciencias tecnológicas han de satisfacer algunos requisitos para representar ciertos aspectos de la realidad en el modo más preciso que los ingenieros consideren relevante para sus propósitos.

(1) Así, se ha de exigir *consistencia interna* a los modelos de las ciencias tecnológicas, de otro modo se llegarían a conclusiones contradictorias. Esta es una exigencia fundamental de toda ciencia que pretenda ser racional.

(2) En cuando a la *adecuación empírica*, los modelos de las ciencias tecnológicas deben adecuarse a los datos empíricos. A pesar de que la relación de los modelos con la realidad no es de *isomorfía*, sí que persiguen explicar cierta propiedades observables de la realidad. En ocasiones puede suceder que la adecuación empírica de los modelos tecnológicos no coincida con la de los modelos de las ciencias básicas. La razón de esta inconsistencia externa reside en que cada una de ellas busca analizar propiedades diferentes. Como se ha señalado anteriormente, los modelos en las ciencias tecnológicas pueden renunciar a proporcionar cálculos que den resultados *exactos* y favorecer cálculos que provean a los ingenieros de un espectro de resultados *seguros*. La heterogeneidad ontológica del mundo con el que se

trabaja determina en gran medida la preferencia por rangos de resultados aceptables.

(3) Los modelos de las ciencias tecnológicas han de ser *fértiles*, en el sentido de que a partir de un conjunto relativamente pequeño de conceptos y principios teóricos los tecnólogos han de proporcionar conocimientos suficientes para la realización de los más diversos artefactos.

(4) En lugar de predecir resultados inesperados, estos modelos lo que hacen precisamente es tratar de *evitar la aparición de resultados inesperados* en el momento de su aplicación en la generación de artefactos. Se podría decir que esos resultados indeseados han de ser previstos de algún modo, o al menos se procura anticiparse a ellos. El riesgo de construir un artefacto defectuoso conlleva un coste (teórico, económico o moral) inaceptable<sup>11</sup>. Parece evidente que para las ciencias tecnológicas este tipo de análisis reviste una especial importancia, sobre todo si tenemos en cuenta cómo afecta a los valores de los ingenieros que posteriormente emplearán con confianza estos conocimientos<sup>12</sup>.

(5) La *novedad* es otro de los requisitos a tener en cuenta con respecto a las ciencias tecnológicas. Según Helen Longino, "(There are) models or theories that differ in significant ways

11. Tal y como Richard Rudner argumentó en referencia a la selección de hipótesis científicas: "Is going to be a function of the importance, in the typically ethical sense of making a mistake in accepting or rejecting the hypothesis. Thus, to take a crude but easily manageable example, if the hypothesis under consideration were to the effect that a toxic ingredient of a drug was not present in the lethal quantity, we would require a relatively high degree of confirmation or confidence before accepting the hypothesis, for the consequences of making a mistake here are exceedingly grave by our moral standards." (Rudner, 1953, p. 2).

12. "Scientists and engineers work within a 'sea of anomalies'; engineers designing novel, complex technical systems cannot always anticipate all problems and must adjust prior specifications in line with evolving experience. Moreover, engineering practice rightly regards frequent, radical changes in design as problematic since such changes are bound to introduce as-yet-unknown problems, substituting unknown and possibly severe problems for known and presumably manageable ones (Petroski, 1985). Like scientists, engineers work within a framework that shapes the kind of anomalies one ought to expect and the kinds of responses that are likely to be successful. Finally engineers are convinced of their ability to arrive at accurate knowledge of anomalous behaviour; their commitment to the virtues of experimentation and quantification itself contributes to their confidence that design problems are not life threatening (Lynch & Kline, 2000, p. 212).

from presently accepted theories, either by postulating different entities and processes, adopting different principles of explanation, incorporating alternative metaphors, or by attempting to describe and explain phenomena that have not previously been the subject of scientific investigation” (Longino, 1996, p. 45). Los modelos de las ciencias tecnológicas pueden describir y explicar fenómenos que no habían sido objeto de investigación científica con anterioridad. Además, esos modelos posibilitan las investigaciones durante la producción de nuevos artefactos y la aplicación del conocimiento generado a la producción de nuevos artefactos, otro sentido de “novedad”.

(6) Me refería antes a la *heterogeneidad ontológica* sobre la que trabajan las ciencias tecnológicas. A diferencia de los modelos de las otras ciencias, que intentan englobar las diferentes entidades en categorías homogéneas, los modelos de las ciencias tecnológicas versan sobre diferentes clases de entidades y no pretende reducirlas ni idealizar sus características para que encajen en una categoría general, sino que propone caracterizaciones para el comportamiento de conjuntos de fenómenos mucho más reducidos.

(7) Que un modelo se pueda elegir como base para un tipo específico de acción es una característica deseable fundamental para las ciencias tecnológicas. Algunos filósofos pueden verse tentados a afirmar que, estrictamente hablando, la *aplicabilidad a necesidades humanas presentes* no forma parte del conjunto de criterios que ha de guiar la producción científica. Eso quizá sea verdad para las teorías que no se conciben para satisfacer un objetivo práctico, teorías que pueden resultar o no aplicables en un futuro. La diferencia crucial en este punto estriba en que los modelos de las ciencias básicas persiguen explicar con generalidad, mientras que los modelos de las ciencias tecnológicas se construyen para que resulten de utilidad en alguna fase del diseño de artefactos.

La *aplicabilidad a necesidades humanas presentes* es una propiedad esencial de los modelos de las ciencias tecnológicas, y en cierto sentido condiciona la consideración de otros atributos deseables. Por ejemplo, la *adecuación empírica* se puede entender como referida a diferentes propiedades de la materia que las ciencias básicas no consideran relevantes; la exactitud se puede sustituir por un espectro o rango de posibilidades específicas seguras, en lugar de buscar valores abstractos en condiciones ideales; los modelos de la ciencia básica se suelen acompañar de cláusulas *ceteris paribus* que precisamente sirven para “salvar” la heterogeneidad y los aspectos dinámicos del mundo real. Sin embargo, esta estrategia se ha de emplear con suma cautela en las ciencias tecnológicas, porque lo que se requiere de los modelos teóricos y matemáticos es su aplicación a situaciones reales, y se trata por todos los medios de evitar cualquier resultado inesperado (que bien podría resultar catastrófico); los resultados inesperados son algo a evitar, dado que el riesgo de construir un artefacto que falle comporta un coste inaceptable; el tipo de fenómenos que resulta interesante según las ciencias tecnológicas es más heterogéneo que lo que plantean otros modelos científicos, es decir, se contempla una mayor diversidad ontológica derivada del comportamiento variado de los fenómenos en el mundo, algo especialmente relevante si se quiere construir cosas con ellos. Asimismo, los modelos de las ciencias tecnológicas pueden renunciar a la *consistencia externa*: algunos modelos de las ciencias tecnológicas se han propuesto a pesar de su inconsistencia con los modelos de otras ciencias básicas bien consolidadas. Los ingenieros pueden tolerar estas inconsistencias externas porque son resultado de las idealizaciones y simplificaciones elementales en la consideración de las propiedades relevantes que las diferentes ciencias tratan de analizar (véanse Teller, 2001 o Morrison, 1999).

Estas divergencias entre los valores o atributos deseables en las ciencias tecnológicas y los de las ciencias básicas se desprenden de los objetivos diferentes que unos y otros científicos disponen para sus modelos. El modo en que los ingenieros sopesan los valores deseables determina algunas características de sus modelos. En general, las ciencias tecnológicas forman parte de un sistema tecnológico complejo, cuyo objetivo principal no consiste en obtener conocimiento acerca de cómo son las cosas (que

sería el propio de un sistema científico), sino diseñar y construir artefactos útiles. La aplicabilidad a los asuntos humanos es un valor fundamental para las ciencias tecnológicas, y ello determina su forma peculiar de calcular los costes y beneficios de los modelos disponibles. Las diferencias, por tanto, entre los modelos de las ciencias tecnológicas y los modelos de las ciencias básicas habrá que buscarlas en la evaluación de sus atributos deseables y, en última instancia, en sus diferentes objetivos.

## 6. Sopesando los valores

Como se ha visto, la necesidad de reconsiderar el aspecto axiológico de las construcciones científicas ha conducido en los últimos años a muchos filósofos a reivindicar un replanteamiento de los límites entre valores epistémicos y no epistémicos, incluso a reivindicar que el conjunto de valores no es permanente ni definitivo. Los intereses de los agentes que participan en la construcción de la ciencia desempeñan un papel esencial a la hora de manifestar si un valor es más importante que otro o, en el caso de que sea preciso renunciar a alguno de ellos, decidir cuál es más prescindible y cuál es más indispensable. Para ello, el criterio del grupo se hace manifiestamente relevante, tal y como señalaban tanto Longino como Haack y Giere.

Si se acepta que los científicos son agentes racionales, lo son en el sentido de que su comportamiento está dirigido al logro de ciertos objetivos: así, cuanto más efectivo sea su comportamiento, más racional puede ser considerado (Giere, 1999a, p. 82). Se trata, como puede verse, de una racionalidad “condicional” o “instrumental”: los científicos se comportan de manera racional cuando escogen aquel modelo que mejor representa la realidad. Ahora bien, éste no es el único criterio empleado para escoger entre modelos:

What is essential is that scientists have other interests as well, and that these play a significant role

in scientific decisions. As I understand it, a cognitive theory of the science need not deny the importance of these other interests. If it did, it could not be an adequate theory of science” (Giere, 1988, p. 165).

Por ello, quizá no sea del todo adecuado hablar de los valores de la ciencia como tampoco lo es hablar de los valores de la tecnología. Para evitar hipostasiar estos conceptos y atribuirles características esenciales es preciso ser conscientes de que la ciencia y la tecnología están hechas por seres humanos que pertenecen a culturas y momentos históricos concretos, no sólo en cuanto agentes sociales, sino también en tanto agentes científico-tecnológicos. Tanto la ciencia como la tecnología han sido fenómenos diferentes a lo largo de la historia y los modos en los que se han practicado y se practican dependen de lo que las diferentes comunidades hayan determinado.

Lo interesante, llegados a este punto, sería determinar qué diferencias existen entre los objetivos de los científicos básicos y de los científicos tecnológicos a la hora de construir sus respectivos modelos. En el caso de las ciencias tecnológicas, como se ha señalado más arriba, el objetivo principal de los que las desarrollan es proporcionar modelos teóricos, matemáticos o materiales que sean de utilidad en el diseño de artefactos seguros, duraderos y eficientes. En el caso de las ciencias “básicas”, el objetivo



principal reconocido es obtener conocimiento acerca de cómo son y se comportan las cosas, esto es, proponen modelos que representan y explican pormenorizadamente determinados aspectos de la realidad que nos interesan. Esa diferencia de objetivos lleva aparejadas diferencias en la valoración de los atributos que se han de considerar “deseables” en los modelos. Como ha indicado Ernan McMullin:

A property or a set of properties may count as a value in an entity of a particular kind because it is desirable for an entity of that kind. (The same property in a different entity might not count as a value.) (...) The desirable property is an objective characteristic of the entity. We can thus call it a characteristic value. In some cases, it is relative to a pattern of human ends; in others, it is not. In some cases, a characteristic value is a means to an end served by the entity possessing it; in others, it is not. In all cases, it serves to make its possessor function better as an entity of that kind (McMullin, 1982, p. 5).

Durante estas últimas décadas se han planteado listas de atributos deseables para las diferentes ciencias. Sin embargo, hasta el presente no sólo no se ha alcanzado acuerdo alguno en torno a un conjunto particular de valores, sino que además los propuestos han originado nuevos problemas. En primer lugar, como ya señaló el propio Kuhn (1977, p. 331), diferentes científicos pueden evaluar de forma diferente los atributos de una teoría concreta. No existe un algoritmo que automatice los juicios de esta índole, por lo que éstos dependerán del adiestramiento individual del científico, de sus objetivos y de su experiencia personal. En segundo lugar,

scientists may not attach the same relative weights to different characteristic values of theory, that is, they may not value the characteristics in the same way, when, for example, consistency is to be weighed over against predictive accuracy. It is above all because theory has more than

one criterion to satisfy, and because the ‘valuings’ given these criteria by different scientists may greatly differ, that disagreement in regard to the merits of rival theories can on occasion be so intractable (McMullin, 1982, p. 16).

Una teoría, una hipótesis o un modelo pueden resultar empíricamente adecuados pero en absoluto simples, o puede darse el caso de que siendo simples no presenten un gran poder explicativo, etc. Por eso los científicos necesitan sopesar los distintos atributos y seleccionar el mejor modelo entre diferentes posibilidades.

Para hacer tal cosa se podría concebir que los científicos actúan como agentes maximizadores bayesianos, o, al menos, como *satisficers* a lo Simon. Sin embargo, ambos planteamientos resultan problemáticos, como apunta Giere<sup>13</sup>. Si los científicos fuesen maximizadores bayesianos, entonces asignarían un valor a cada opción (consistente en la suma de la utilidad esperada para cada uno de sus resultados), identificarían el peor resultado, para elegir la acción que presente el mejor “peor resultado”. Es una regla que evita el riesgo, ya que protege al agente de pérdidas catastróficas, aunque al precio de garantizar que el mejor resultado posible será más bajo que el conseguido con otras reglas. Por otro lado, Herbert Simon (1979) mostró que muchas acciones racionales se derivan de un proceso de decisión que se orienta más bien a la *satisfacción*. En este caso, el agente determina los parámetros mínimos que deben satisfacerse para solucionar un problema, busca una solución que satisfaga esos parámetros y selecciona la primera que encuentra. Evidentemente, este proceso no conduce a la solución *óptima* del problema, pero sí a una *satisfactoria*. Con ello Simon no hizo sino señalar una limitación importante de la racionalidad: el hecho de que hay un coste de información asociado con la búsqueda de la solución óptima de un problema. Ambas opciones no son las que suelen guiar el

13. Giere, 1988, pp. 145-165. Ver también Giere, 1969, contra la aplicación de la teoría de juegos en la toma de decisiones sobre hipótesis.

momento de elección entre modelos en las ciencias. Los científicos buscan el mejor resultado posible, y aunque puedan ser conscientes de que la teoría no sea la definitiva, no se contentan con el mejor “peor resultado”. Por otro lado, tampoco se comportan como describe Simon: no suelen contentarse con la primera solución satisfactoria, sobre todo si tenemos en cuenta que la tarea de la construcción de teorías científicas implica un trabajo cooperativo y competitivo entre diferentes científicos. Una solución puede ser buena, pero no tiene por qué ser la mejor que podamos proponer, en esto consiste precisamente el mecanismo que permite el progreso científico.

Alex Michalos (1970) hizo una sugerencia que parece más realista que las anteriores. La propuesta de Michalos consiste en una valoración de los costes y beneficios de seleccionar una hipótesis (o modelo, para nuestro caso), tomando en consideración las diversas características deseables que los científicos pueden esperar de un modelo. La decisión conlleva una elección entre diferentes hipótesis posibles y mutuamente excluyentes, en un intento de dilucidar cuál de ellas resulta más adecuada para sus intereses. El proceso de decisión requiere que el agente determine, *grosso modo*, los costes y beneficios de cada posible resultado.

For example, he must be able to determine whether two hypotheses are equally explanatory or one explains more than the other; he must be able to rank order any three distinct levels of explanatory power transitively; and he must recognize that his preferences ought to prefer a hypothesis that explains more phenomena to one that explains less (if all other things are equal) (Michalos, 1970, p. 64).

Entre los beneficios, el agente puede tomar en consideración cosas tales como el poder explicativo, la simplicidad, la coherencia con otras teorías, la precisión, etc. (Michalos, 1970, p. 64), mientras que entre los costes se tendrán en cuenta el tiempo requerido de implementación,

el esfuerzo computacional, facilidades especiales, asistencia técnica, dinero, operacionalización, etc. En términos generales, que un modelo sea mejor que los alternativos o rivales dependerá de los costes y beneficios que conlleve aceptarlo. Los científicos seleccionarán aquellos atributos que consideren especialmente relevantes, puesto que hay una tendencia general en los agentes a ponderar unos atributos sobre otros con el fin de determinar su elección final. Los motivos de esa valoración dependerán de los propósitos, generales que el científico deba tener en cuenta para sus modelos. En el caso de las ciencias tecnológicas, en el momento de elegir el mejor modelo para sus propósitos el científico-tecnólogo ha de sopesar los costes y beneficios de los modelos alternativos disponibles, y, como cualquier otro científico, seleccionará el modelo que salga mejor parado en el balance. La principal diferencia entre las ciencias tecnológicas y las otras ciencias reside en los beneficios que en cada área se busca satisfacer, así como en los costes que procuran minimizar.

El principal escollo con el que podemos encontrarnos a la hora de analizar los valores característicos que los científicos exigen de las ciencias tecnológicas es que estas ciencias forman parte de un sistema más amplio y complejo, el sistema tecnológico. Las acciones tecnológicas pueden ser de muy diversos tipos. No serán los mismos valores los que guíen las prácticas de los gerentes que los que guían las prácticas de los ingenieros. Como se ha visto en un apartado anterior, los conflictos derivados de estas diferencias se manifiestan en las discrepancias en los cálculos coste-beneficios que realizan los distintos agentes. Sin embargo, los cálculos coste beneficio que realizan los ingenieros han de estar basados en conocimientos fiables que les permitan construir artefactos seguros. Este valor será precisamente el predominante en la elección de modelos de las ciencias tecnológicas, pudiéndose prescindir o minimizar otros valores que desde el punto de vista de un científico básico serían irrenunciables.

Los cálculos coste-beneficios que realizan los científicos que desarrollan ciencias básicas pueden ser diferentes de los que llevan a cabo los científicos-tecnólogos que han de tener mucho más presente el aspecto de la aplicabilidad a problemas humanos y que esas aplicaciones se puedan hacer de manera segura. Ahí radica la principal diferencia.

Ahora bien, ¿justifica esta diferencia la no aceptación de este tipo de conocimiento como conocimiento científico? Desde el punto de vista que se defiende en este artículo la respuesta es evidentemente negativa. La diferencia en la preponderancia de ciertos valores no permite distinguir el conocimiento científico de lo que no lo es. Lo que caracteriza una buena teoría científica dependerá de lo que la comunidad de

científicos considere oportuno. Esto no conduce a la rendición ante el relativismo. Nótese que no se ha dicho que las razones de los científicos sean aleatorias o caprichosas. Los científicos escogerán, teniendo en cuenta las posibilidades presentes y los métodos disponibles, los modelos que mejor que adecuen a sus propósitos. Efectivamente, éstos pueden variar ligeramente entre diferentes áreas científicas y entre circunstancias históricas o culturas diversas. Sin embargo, en cada situación se pueden mostrar los motivos por los que es preferible decantarse por uno de los posibles modelos. Esta es, precisamente, una de las principales virtudes del conocimiento científico: la relevancia de la comunidad en la elección de la mejor de las posibilidades a la luz de unos valores consensuados.

## Bibliografía

- Agassi, Joseph (1985). *Technology: Philosophical and Social Aspect*. Dordrecht: Kluwer.
- Alpern, K. D. (1983). "Engineers as moral heroes". En: Weil, V. (ed.). *Beyond Whistle blowing: Defining engineers' responsibilities: Proceedings of the Second National Conference on Ethics in Engineering, March, 1982*. Chicago: Centre for the Study of Ethics in the Professions, Illinois Institute of Technology.
- Álvarez, Juan Ramón (2001). "La ciencia y los valores: la interpretación de la actividad científica". En: Lafuente, M<sup>a</sup>. I. (ed.). *Los valores en la ciencia y la cultura*. León: Universidad de León, pp. 17-33.
- Baird, Davis (2000). "The Thing-y-ness of Things: Materiality and Spectrochemical Instrumentation. 1937-1955". En: Kroes, P. & Meijers, A. (eds.). *The Empirical Turn in the Philosophy of Technology*. Amsterdam: JAI Elsevier Science, pp. 99-117.
- Baird, Davis (2001a). *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*. Berkeley CA: University of California Press.
- Baird, Davis (2001b). "The Knowing of Things". En: Katz, E. Light, A. & Stevens, W. (eds.). *Controlling Technology*. New York: Prometheus Book.
- Baird, Davis (2002). "Thing Knowledge. Function and Truth". *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology*, 6, n<sup>o</sup>. 2.
- Bucciarelli, Louis L. (1988). "Engineering Design Process." En: Dubiaskas, P. (ed.). *Making Time: Ethnographies of High Technology Organizations*. Philadelphia: Temple University Press.
- Bucciarelli, Louis L. (1994). *Designing Engineers*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Bunge, Mario (1966). "Technology as Applied Science." *Technology and Culture*, 3, 329-347.
- Bunge, Mario (1967). *Scientific research*. New York: Springer-Verlag.
- Cartwright, Nancy (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Clarendon Press.
- Churchland, Paul (1985). En: Churchland, P. & Hooker, C. (eds.). *Images of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Collins, Hany (1985). *Changing order: replication and induction in scientific knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.

- Constant, Edward W. II (1980). *The Origins of the Turbojet Revolution*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Constant, Edward W. II (1999). "Reliable Knowledge and Unreliable Stuff". *Technology and Culture*, 40, 224-257.
- Cuevas, Ana (2005a). "The many faces of science and technology relationships". *Essays in Philosophy*. January. Vol. 6, nº. 1.
- Cuevas, Ana (2005b). "A Model Based Approach to Technological Theories". *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology*, 9, nº. 2.
- Downey, Gary Lee & Lucena, Juan C. (1995). "Engineering Studies". En: Jasanoff, S., Markle, G., Petersen, J. & Pinch, T. (eds.). *Handbook of Science and Technology Studies*. London: Sage.
- Drucker, Peter Ferdinand (1961). "The Technological Revolution. Notes on the Relationship of Technology, Science and Culture". *Technology and Culture*, 2, 342-351.
- Drucker, Peter Ferdinand (1963). "Modern Technology and Ancient Jobs". *Technology and Culture*, 4, 277-281.
- Echeverría, Javier (1995). "El pluralismo axiológico de la ciencia". *Isegoría*, 12, 44-79.
- Engineering Ethics home page. Division of Technology, Culture, and Communications, University of Virginia. <<http://repo-nt.tcc.virginia.edu/ethics/>>
- Feibleman, James K (1966). "Technology as Skills". *Technology and Culture*, 3, 318-328.
- Florman, S. C. (1983). "Comments on Pletta and Gray and Schizinger". En: Weil, V. (ed.): *Beyond Whistle blowing: Defining engineers' responsibilities: Proceedings of the Second National Conference on Ethics in Engineering, March, 1982*. Chicago: Centre for the Study of Ethics in the Professions, Illinois Institute of Technology.
- Freeman, Cristopher (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. London: Pinter.
- Giere, Ronald N. (1969). "Comments on Braithwaite". En: Leach, J., Butts, R. & Pearce, G. (eds.). *Science, Decision and Value*. Dordrecht: D. Reidel Pub. Company.
- Giere, Ronald N. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Giere, Ronald N. (1999a). *Science without Laws*. Chicago: University of Chicago Press.
- Giere, Ronald N. (1999b). "Using Models to Represent Reality". En: Magnani, L., Nersessian, N. J. & Thagard, P. (eds.). *Model-Based Reasoning and Scientific Discovery*. New York: Kluwer/Plenum.
- Giere, Ronald N. (2006). "Perspectival Pluralism". *Minnesota Studies in Philosophy of Science*, 19.
- Goldman, Alvin (1994). "Psychological, Social, and Epistemic Factors in the Theory of Science". *PSA*, 2, 277-286.
- Goldman, Steven L. (1990). "Philosophy, Engineering, and Western Culture". En: Durbin, P. T. (ed.). *Broad and Narrow Interpretation of Philosophy and Technology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 125-152.
- Haack, Susan (1996). "Science as Social? –Yes and No". En: Nelson, L. H. & Nelson, J. (eds.). *Feminism, Science, and the Philosophy of Science*. London: Kluwer Academic Publishers, 79-93.
- Hall, Alfred Rupert (1962). "The Technical Act. The changing Technical Act". *Technology and Culture*, 3, 501-515.
- Harris, Ch. E., Pritchard, M. & Rabins, M. (1995). *Engineering Ethics: Concepts and Cases*. Belmont: Wadsworth.
- Jasanoff, S., Markle, G., Petersen, J. & Pinch, T. (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. London: Sage.
- Kitcher, Philip (2001). *Science, Truth, and Democracy*. Oxford: Oxford University Press.
- Kline, R. R. (2000). "Engineering Science. A Cold War Debate about Education in U.S". *Technology and Society Magazine*. Fall, pp. 19-25.
- Kuhn, Tomas S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press. Enlarged.
- Kuhn, Thomas, S. (1977). *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Laudan, Larry (1977). *Progress and its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*. Berkeley: University of California Press.
- Laudan, Larry (1984). *Science and Values: The Aim of Science and Their Role in the Scientific Debate*.

- Pittsburgh series in the philosophy and history of science. Vol. 11. Berkeley: University of California Press.
- Laudan, Larry (1990). "Demystifying Underdetermination". En: Savage, C. Wade (ed.): *Minnesota Studies in the Philosophy of Science. Vol. XIV: Scientific Theories*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Layton, Edwin T. (1988): "Science as a Form of Action: The Role of the Engineering Sciences". *Technology and Culture*, 29, 82-97.
- Longino, Helen (1990). *Science as Social Knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Longino, Helen (1996). "Cognitive and Non-Cognitive Values in Science". En: Nelson, L. Hankison & Nelson, J. (eds.). *Feminism, Science and the Philosophy of Science*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Lynch, W. T. & Kline, R. (2000). "Engineering Practice and Engineering Ethics". *Science, Technology, and Human Values*, 25, 2, 195-225.
- Martin, M. & Schinzinger, R. (1996). *Ethics in Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- McMullin, Ernan (1982). "Values in Science." *PSA*, 2, 3-28.
- Michalos, Alex C. (1970). "Cost-Benefit versus Expected Utility Acceptance Rules". *Theory and Decision*, 1, 61-80.
- Morrison, Margaret (1999). *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nagel, Ernest (1961). *The Structure of Science*. New York: Harcourt, Brace & World Inc.
- Nelson, Richard P. (1982). "The Role of Knowledge in R&D Efficiency". *Quarterly Journal of Economics*, 338, 453-470.
- Niiniluoto, Ilkaa (1995). "Approximation in Applied Science". En: Kuokkanen, M. (ed.). *Structuralism, Approximation, and Idealization*. Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, Vol. 42, 127-139.
- Online Ethics Centre for Engineering and Science: <http://onlineethics.org>.
- Petroski, Henry (1992). *The Evolution of Useful Things*. New York: Vintage Books.
- Petroski, Henry (1996). *Inventing by Design. How Engineers get from Thought to Thing*. Harvard Univ. Press.
- Pitt, Joseph C. (2000). *Thinking about Technology. Foundations of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridges Press.
- Putnam, Hilary (1975). *Mathematics, matter, and method*. New York: Cambridge University Press.
- Radder, Hans (1996). *In and About the World. Philosophical Studies of Science and Technology*. New York: State University of New York Press.
- Rapp, Friedrich (1981). *Analytical Philosophy of Technology*. Dordrecht: Boston Studies in Philosophy of Science, vol. 63.
- Rescher, Nicholas (1999). *Razón y valores en la era científico-tecnológica*. Barcelona: Paidós.
- Resnik, David B. (1993). "Do Scientific Aims Justify Methodological Rules?". *Erkenntnis*, 38, 223-232.
- Rosenberg, Nathan (1982). *Inside the Black Box. Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rouse, Joseph (1996). *Engaging Science. How to Understand its practices Philosophically*. Ithaca: Cornell University Press.
- Rudner, Richard (1953). "The Scientist 'Qua' Scientist Makes Value Judgments". *Philosophy of Science*, 20, 1-6.
- Shapere, Dudley (1984). *Reason and the Search of Knowledge*. Dordrecht: Reidel.
- Simon, Herbert (1979). *Models of Thought*. Yale University Press.
- Smart, John Jamieson C. (1963). *Philosophy and scientific realism*. New York: Humanities Press.
- Solis, Carlos (1994). *Razón e Intereses. Historia de la ciencia después de Kuhn*. Barcelona: Paidós.
- Teller, Paul (2001). "Twilight of the Perfect Model Model". *Erkenntnis*, 55, 393-415.
- Unger, Stephen H. (1994). *Controlling Technology: Ethics and the Responsible Engineer*. 2nd ed, New York: Wiley.
- Vincenti, Walter G. (1984). "Technological Knowledge without Science: the Innovation of Flush Riveting

- in American Airplanes, ca1930. 1950". *Technology and Culture*, 25, 540-576.
- Vincenti, Walter G. (1990). *What Engineers Know and How They Know It. Analytical Studies of Aeronautical History*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Vincenti, Walter G. (2001). "The Experimental Assessment of Engineering Theory as a Tool for Design". *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology*, 5, nº 3.
- Weil, V. (ed.) (1983). *Beyond Whistle blowing: Defining engineers' responsibilities: Proceedings of the Second National Conference on Ethics in Engineering, March, 1982*. Chicago: Centre for the Study of Ethics in the Professions, Illinois Institute of Technology.