

**CIENCIA PURA, CIENCIA APLICADA
Y TECNOLOGÍA:
EL PROBLEMA DE LA DEMARCACIÓN**

*Conferencia pronunciada
por el Académico Titular Ing. Luis A. de Vedia
en la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires,
en la sesión plenaria del 29 de octubre de 2012*

CIENCIA PURA, CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA: EL PROBLEMA DE LA DEMARCACIÓN

Ing. LUIS A. DE VEDIA

La consideración de algunos de los problemas filosóficos y metodológicos relacionados con la ciencia aplicada y la tecnología tiene un origen tan remoto como la filosofía misma. En efecto, Aristóteles ya se ocupó de algunos de ellos, diferenciando claramente entre *tekne* y *episteme*. Es así que *tekne* o conocimiento productivo, se refiere a la *capacidad de hacer*, a través de un proceso de razonamiento. En este sentido, *tekne* trata con objetos que no son ni necesarios ni acordes con la naturaleza, es decir con cosas que no son necesariamente lo que son ni tienen una tendencia innata para tornarse en lo que pueden ser, sino con cosas que pueden convertirse en otras por la acción de un agente humano¹. Desde entonces y hasta nuestros días, prácticamente todos los pensadores que se ocuparon de la filosofía de la ciencia lo han hecho también en alguna medida de la tecnología, aunque por supuesto sin emplear este término moderno. Desde Francis Bacon con su visión de la ciencia como “relieving man’s state” a través del control de la naturaleza, hasta los escritos de Karl Popper en los ’50 con una visión fuertemente antibaconiana, pasando por Kant, Heidegger, y Marx, y las variantes de pesimismo tecnológico y tecnocratismo, para mencionar sólo a los más distinguidos antecesores de los argentinos Mario Bunge y Ricardo Gómez. Ahora bien, todo este *tour de force* intelectual que abarca más de veinte siglos, ha producido una filosofía de la ciencia que es hoy sin duda uno de los campos más ricos y activos de la especulación filosófica. En cambio, la filosofía de la tecnología, no obstante su vieja data, no parece haber tenido un desarrollo simétrico al de la filosofía de la ciencia y, a pesar

¹ W. F. Hood, “The Aristotelian Versus the Heideggerian Approach to the Problem of Technology”, *Philosophy and Technology Readings in the Philosophical Problems of Technology*, C. Mitcham & R. Mackey Eds., The Free Press, New York-London, 1983.

de que hoy son cada vez más numerosos los estudiosos del tema, éste se encuentra aún en un estadio que podemos calificar de primitivo. Esto puede deberse en parte a la tradición escolástica que siempre otorgó mayor jerarquía intelectual a la búsqueda del conocimiento *per se*, que a la solución de problemas concretos. Otra razón puede estar dada por el hecho de que la introducción de una nueva tecnología no constituye meramente una intervención en la naturaleza. Es también una intervención en el mundo humano, lo que inevitablemente le agrega una dimensión social y económica que hace al proceso de innovación tecnológica más complejo que el de desarrollo científico. Tengamos en cuenta que nuestra ignorancia de la naturaleza nos obliga a realizar experimentos de laboratorio para establecer la validez de nuestras teorías científicas. Sin embargo, la experiencia de laboratorio puede no ser relevante para establecer la validez de una innovación tecnológica, ya que tal experiencia puede no ser representativa de las complejidades del mundo real en el cual interviene la innovación. En otras palabras, debemos estar preparados para aceptar el hecho de que siempre puede haber consecuencias imprevisibles en la aplicación de una nueva tecnología.

La innovación tecnológica es un proceso que comenzando con la invención, continúa con una etapa de desarrollo, y culmina con la explotación (generalmente comercial) de un bien o servicio. El modelo aceptado durante mucho tiempo para analizar y comprender este proceso fue el llamado modelo lineal o de *technology push*, que afirma que las etapas de un proceso de innovación son: ciencia, tecnología, mercado (explotación comercial), con cada una de ellas alimentando a la siguiente. En los últimos años, este modelo fue cuestionado y reemplazado por el denominado modelo no lineal o de *market pull*, según el cual opera un lazo fuerte de realimentación entre las fuerzas del mercado y el sistema de ciencia y tecnología, dando así origen a un proceso no lineal de innovación tecnológica en el cual el mercado se convierte en un protagonista esencial.

Ahora bien, aunque estos modelos ya han sido empleados durante unas tres décadas para analizar y procurar entender el complejo proceso de creación tecnológica, no deja de resultar un tanto sorprendente que los esfuerzos destinados a someter a los mismos a un análisis crítico semejante al que ha tomado como objeto a la ciencia, no ha sido aún realizado sistemáticamente y con análogo rigor indagatorio. Por ejemplo, ¿podemos decir que el modelo no lineal mantiene su vigencia para un proceso de desarrollo tecnológico en el cual el rol de la teoría como sustento de las innovaciones es cada vez más fuer-

te? En otras palabras, si bien hoy aceptamos que existe una filosofía de la tecnología con carta de ciudadanía propia, ésta no parece haber seguido una evolución comparable en rigor y en profundidad, al de la filosofía de la ciencia. Es indudable que la introducción de una nueva pieza de tecnología es una cuestión empírica y que el éxito o el fracaso de las aplicaciones de reglas (de acción) tecnológicas son relevantes para establecer su veracidad o falsedad. No obstante quedan aún sin resolver, por ejemplo, problemas tan importantes como el de establecer si la tecnología y en particular el cambio tecnológico, al igual que la ciencia, es racional (al menos para quienes acepten esta última posición, que por cierto no es universal), o si en el proceso del desarrollo tecnológico es pertinente hablar de contextos de descubrimiento (provistos o no de una lógica interna) y de justificación, y en qué medida el objetivo de la tecnología tiene que estar relacionado con la verdad o con la comprensión del mundo.

Lo anterior implica indagar sobre la existencia o no de una metodología de la tecnología y, en caso afirmativo, identificarla y expresarla en forma explícita. Ello exige un análisis riguroso de los supuestos filosóficos utilizados y la búsqueda de un adecuado criterio demarcatorio entre ciencia pura, ciencia aplicada y tecnología (si es que éste realmente existe), lo que resulta esencial para establecer en forma precisa la diferencia entre ley científica y regla tecnológica. Siguiendo a algunos filósofos de la tecnología contemporáneos², podemos identificar los objetivos de la línea de análisis propuesta, con la búsqueda de respuestas a las siguientes preguntas referidas al quehacer tecnológico: ¿Cuál es su contenido y estructura? ¿Cuáles son sus métodos? ¿Cuál es el criterio de demarcación? ¿Cuáles son sus objetivos? ¿Cómo es su desarrollo? Dependiendo de las respuestas a estas preguntas, podrá elaborarse un modelo más satisfactorio del proceso de innovación tecnológica, ya que los propuestos hasta ahora, si bien útiles para poner de manifiesto algunas de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, no son muy aptos para arrojar luz sobre los mecanismos internos que conducen a la creación y al desarrollo tecnológico. De manera que a pesar de que la tecnología constituye el motor esencial de la innovación, aquella ha escapado en buena medida a un escrutinio crítico intenso. Es posible sin embargo, puntualizar algunas excepciones notables, como la reflexión filosófica sobre la tecnología, que tuvo lugar durante más de un siglo

² R. Gómez, *Notas del Curso de Filosofía de la Tecnología*, Centro de Estudios Avanzados de la UBA, Buenos Aires, Agosto 1995.

entre los ingenieros alemanes³ y algunos filósofos importantes como Heidegger⁴.

Una de las creencias más difundidas acerca de la tecnología consiste en identificar a ésta con ciencia aplicada. De más está decir que existen muchos ejemplos para sugerir tal identificación. Por ejemplo, la práctica médica moderna está fuertemente influenciada por los avances en biología o los desarrollos en electrónica están asentados sobre una adecuada comprensión de la mecánica cuántica y los desarrollos en el campo de los materiales sintéticos dependen (entre otras cosas) de la química de los polímeros. Sin embargo, si se considera todo el espectro del avance tecnológico, se observa que la ciencia no siempre juega un rol decisivo en el desarrollo de la tecnología. De hecho, han existido ocasiones en las que el avance tecnológico se ha producido sin el concurso del conocimiento científico, y recíprocamente, ha habido avances en el conocimiento científico impulsados por desarrollos tecnológicos.

La concepción habitual de la tecnología enfatiza que la misma se asienta sobre todo en la aplicación del conocimiento. Sin embargo, no todo el conocimiento deriva de la investigación científica. Es así que si analizamos toda la historia de la tecnología, surge de manera evidente que la mayoría de los avances tecnológicos se desarrolló y se aplicó con poco o ningún componente científico. Por ejemplo, los griegos antiguos hicieron numerosas contribuciones a diversas ciencias: astronomía, óptica y acústica, así como importantes avances en matemáticas. La tecnología griega también progresó a través de avances en la agricultura, construcciones, minería, refinación de metales y equipo militar. Sin embargo, ninguna de estas innovaciones se nutrió de manera significativa en la ciencia griega. Es más, los logros griegos en tecnología resultaron mucho menos espectaculares que sus logros científicos, poniendo de manifiesto la falta de conexión entre ambos. Este desarrollo asimétrico de la ciencia y la tecnología continuó con los romanos, pero de manera inversa. Mientras que los avances producidos por los romanos en ingeniería fueron notables (por ejemplo los grandes acueductos), sus contribuciones a la ciencia fueron relativamente modestas. Nuevamente, la tecnología en la an-

³ F. Rapp, *Analytic Philosophy of Technology Trans.*, Carpenter & Langenbruch, Vol. 63, 1981.

⁴ S. R. Carpenter, "What Technology Transfer: The Contingent Nature of Cultural Responses", E. F. Birne & J. C. Pitt Eds., *Technological Transformation: Contextual and Conceptual Implications*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1989.

tigua Roma tuvo poco que ver con la ciencia de su época. La Europa Medieval representó por su parte un tiempo de lento pero significativo avance tecnológico. Se introdujeron mejoras en la agricultura, y nuevas fuentes de energía tales como los molinos de viento. Se desarrolló la minería y el empleo de diversos artefactos mecánicos. Las catedrales fueron construidas en distintas partes de Europa, y son hasta hoy una fuente inagotable de asombro e inspiración para todo el mundo⁵. Una vez más, todo indica que estos logros se obtuvieron sin el recurso de los avances científicos de la época. De hecho, parece ser que los constructores de las grandes catedrales no tenían conocimiento siquiera de las tablas de multiplicar. Los siglos XVI y XVII fueron en cambio escenario de notables avances en ciencia, mientras que el desarrollo tecnológico siguió en el mismo período una evolución más modesta⁶. Del mismo modo, la Francia de comienzos del siglo XIX fue el asiento de la ciencia más avanzada de Europa; sin embargo su tecnología se encontraba a la zaga de la de Inglaterra, que se encontraba en una condición científicamente inferior, no obstante ser la cuna de la Revolución Industrial. Todos estos registros históricos han llevado a Thomas Kuhn a conjeturar que a lo largo de la mayor parte de la historia humana, la tecnología ha florecido en sociedades en las que la ciencia permaneció relativamente estanca y viceversa. En tal sentido, es posible que una característica distintiva de nuestra época sea el desarrollo simultáneo de la ciencia y la tecnología.

La aplicación de la teoría a problemas prácticos da origen a varios problemas filosóficos generalmente ignorados. Algunos que Mario Bunge menciona⁷ son: la validación de la acción por la teoría y la relación entre regla y ley. Con relación al primero puede decirse que por un lado, una teoría puede brindar conocimiento respecto de los *objetos de la acción*, por ejemplo máquinas e instrumentos, y puede por el otro, concernir a la *acción propiamente dicha*, por ejemplo a decisiones referentes al diseño y la construcción de dichas máquinas o instrumentos. Ambos tipos de teorías son *teorías tecnológicas*; sin embargo, mientras las del primer tipo son *sustantivas*, las del segun-

⁵ J. Gimpel, *La Revolución Industrial en la Edad Media*, Ediciones Taurus, Madrid, 1981.

⁶ T. Kuhn, "Comments on the Principle of Acceleration", *Comparative Studies in History and Society*, 11, 4 (1969).

⁷ M. Bunge, "Toward a Philosophy of Technology", *Philosophy and Technology Readings in the Philosophical Problems of Technology*, C. Mitcham & R. Mackey Eds., The Free Press, New York-London, 1983.

do tipo son *operativas*. De acuerdo con Bunge, las teorías sustantivas son esencialmente teorías científicas aplicadas a situaciones casi reales, como podría serlo por ejemplo una teoría del vuelo, que es una aplicación de la fluidodinámica. En cambio, las teorías operativas pueden tener poco o nada que ver con teorías científicas. No tienen un objetivo cognitivo sino un objetivo de acción. Sin embargo, comparten muchas veces con las teorías científicas el método de la ciencia y, desde este punto de vista, podrían considerarse como teorías científicas para la acción. De hecho, siempre según Bunge, las buenas teorías operativas comparten las siguientes características con las teorías científicas: (i) se refieren a modelos idealizados de porciones de la realidad, (ii) emplean conceptos teóricos, tales como el de “probabilidad”, (iii) pueden absorber información empírica y enriquecer a su vez a la experiencia mediante la formulación de predicciones o retrodicciones, (iv) son empíricamente ensayables y por lo tanto falsables.

Vistas desde un ángulo práctico, las teorías tecnológicas son más ricas que las teorías científicas, ya que en lugar de establecer qué es lo que ocurre, pudo haber ocurrido, o puede ocurrir, independientemente de decisiones externas, las teorías tecnológicas prescriben lo que habría que hacer para que ocurran, o para evitar, o para modificar el curso de los eventos en una *forma prescrita*. Desde un punto de vista conceptual, en cambio, las teorías tecnológicas son, según Bunge, definitivamente más pobres que las de la ciencia pura, ya que son menos profundas debido a que el hombre práctico está esencialmente interesado en los efectos que ocurren y que son controlables en la escala humana, más que en cómo son las cosas en realidad. De este modo los requerimientos de exactitud en ciencia aplicada y en tecnología son mucho menores que los de la ciencia pura, de manera que una teoría grosera y simple que brinde estimaciones correctas de órdenes de magnitud será suficiente en general en la práctica. Los coeficientes de seguridad utilizados en las aplicaciones de tales teorías se encargarán de enmascarar los errores de las mismas.

Mientras la ciencia pura procura establecer regularidades o leyes objetivas, la investigación orientada a la acción (investigación tecnológica) procura encontrar normas estables de comportamiento humano exitoso, o reglas de acción. La consideración de estas reglas es central a una filosofía de la tecnología. Una regla *prescribe* un curso de acción: nos dice qué debemos hacer para alcanzar un cierto objetivo o resultado. Más explícitamente: una regla es una instrucción para efectuar una secuencia finita de acciones en un dado orden y con

un fin determinado. Mientras el rango de una ley es toda la realidad, el de una regla de acción es la humanidad (y su entorno). Las leyes son *descriptivas e interpretativas*, mientras que las reglas son *normativas*. Consecuentemente, mientras que los enunciados de las leyes pueden ser más o menos verdaderos, las reglas pueden ser más o menos efectivas. Para demostrar que una regla es efectiva, es necesario aunque no suficiente, mostrar que ha sido exitosa en un elevado porcentaje de casos. Antes de decidir que una regla es empíricamente efectiva, deberíamos establecer por qué lo es, es decir conocer su *modus operandi*.

Existe con frecuencia una considerable confusión acerca de la distinción entre ciencia pura y ciencia aplicada, y más aún entre ésta y tecnología. Según Feibleman⁸, la diferencia entre las dos últimas está determinada fundamentalmente por el tipo de enfoque utilizado. El científico aplicado se ocupa de la tarea de descubrir aplicaciones para la teoría pura, mientras que el tecnólogo trata con problemas más cercanos a la práctica. Ambos utilizan experimentos, pero mientras el científico aplicado lo hace guiado por hipótesis deducidas de la teoría, el tecnólogo recurre al método de prueba y error, o a medios empíricos derivados de experiencias concretas.

Sean cuales sean las características distintivas de la ciencia pura, de la ciencia aplicada y de la tecnología, lo que resulta evidente es que existe entre las tres una estrecha relación dada por múltiples interconexiones. Parece razonable entonces intentar analizar al conjunto de todas ellas generalizando, con las debidas precauciones, la metodología que hasta ahora se ha empleado esencialmente para la ciencia pura. En tal sentido, podemos comenzar nuestro análisis aceptando, al menos provisoriamente, que podemos extender al conjunto la distinción estándar entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, propuesto por Reichenbach⁹. Aunque esta distinción entre contextos ha sido objeto de diversos ataques¹⁰, resulta útil para limitar el análisis a aquellos aspectos del proceso de creación científica o tecnológica que tienen más posibilidades de obedecer a una lógica susceptible de ser analizada, como lo son los relacionados con el contexto de justificación.

⁸ J. K. Feibleman, "Pure Science, Applied Science and Technology: An Attempt at Definition", *Philosophy and Technology Readings in the Philosophical Problems of Technology*, C. Mitcham & R. Mackey Eds., The Free Press, New York-London, 1983.

⁹ H. Reichenbach, *Experience and Prediction*, University Press, Chicago, 1938.

¹⁰ M. Comesaña, *Razón, verdad y experiencia. Un análisis de sus vínculos en la epistemología contemporánea con especial referencia a Popper*, Universidad Nacional de Mar del Plata, a publicarse.

Consideremos en primer lugar el problema de la racionalidad del cambio tecnológico en contraste con el de la racionalidad del cambio científico. Si partimos del supuesto filosófico (que no discutiremos) de que la ciencia y en particular el cambio científico son racionales, surge inmediatamente el interrogante de si existe racionalidad en el cambio tecnológico. Según Mario Bunge, un acto puede ser considerado racional cuando (i) está maximalmente adecuado a un objetivo predeterminado, y (ii) tanto el objetivo como los medios para alcanzarlo han sido escogidos o realizados empleando deliberadamente el mejor conocimiento relevante disponible. Ahora bien, el conocimiento subyacente a la acción racional puede encontrarse en cualquier punto del espectro entre conocimiento ordinario y conocimiento científico, con la sola limitación de que se trate de conocimiento propiamente dicho y no de hábito o superstición¹¹. De modo que si adherimos a este concepto de racionalidad y lo aplicamos al cambio tecnológico considerado como acción, podríamos aceptar que aquél es, efectivamente, racional. Sin embargo, cuando consideramos el cambio tecnológico, podría argumentarse que la racionalidad del mismo no puede estar segregada de sus efectos de mediano y largo plazo, al menos en aquellos casos en que tales efectos sean previsibles. No cabe duda de que si incluyésemos esta última consideración en nuestro análisis, la conclusión acerca de la racionalidad del cambio tecnológico se vería seriamente cuestionada. No obstante, aceptaremos su racionalidad al limitarnos a considerar a la tecnología únicamente como resultante de acciones guiadas por hipótesis fundamentadas y ensayadas o, en datos fehacientemente establecidos. Si bien es cierto que esto es en alguna medida una cuestión de terminología, no es menos cierto que resulta razonable restringir el ámbito de la tecnología de manera de excluir del mismo acciones que tienen su origen en actitudes meramente idiosincráticas o basadas en mitos, modas o creencias infundadas.

Aún aceptando la racionalidad del cambio tecnológico, queda por analizar en qué medida dicha racionalidad difiere de la del cambio científico. En el ámbito de la ciencia pura, una teoría es reemplazada por otra cuando la nueva teoría constituye un progreso representado por un avance cognitivo respecto de la anterior o porque permite resolver más problemas que la teoría desplazada. En otras palabras, si la nueva teoría presenta un mejor acuerdo con la realidad que la teoría anterior. Algo similar puede decirse respecto del cambio en la

¹¹ M. Bunge, "Ciencia Básica, Ciencia Aplicada y Técnica", *Ciencia y Desarrollo*, Siglo Veinte, Buenos Aires, 1982.

ciencia aplicada. Puede sin embargo señalarse una diferencia de énfasis con respecto a la ciencia pura. Si bien tanto en ciencia pura como en ciencia aplicada el criterio de validación de las teorías es su acuerdo empírico con la realidad (estamos refiriéndonos por supuesto, a las ciencias fácticas), el investigador básico persigue un objetivo fundamentalmente cognitivo, mientras que el investigador aplicado procura primariamente identificar y generar conocimiento con valor potencial para la resolución de problemas de interés social¹².

La naturaleza del cambio tecnológico es en general mucho más compleja que la del cambio científico. Hemos visto que suele sugerirse que el criterio de validación de una tecnología (en el contexto que estamos considerando, podemos hablar de regla para la acción, sustentada en una o más teorías operativas), es su eficacia. Sin embargo, a menos que se aclare debidamente el significado que se asigna al término “eficacia”, la proposición anterior se encuentra muy cerca de constituir una tautología. La definición de diccionario del término “eficacia” es: virtud, actividad, fuerza y poder para obrar. Más sugerente es el significado dado al término “eficaz”: que logra hacer efectivo su intento o propósito¹³. Sin embargo, el reemplazo de una tecnología por otra no tiene lugar sólo porque esta última logre, quizás al igual que la anterior, hacer efectivo el propósito del tecnólogo. Dicho propósito debe alcanzarse con los recursos y dentro del plazo disponible y, en este sentido la nueva tecnología debe demostrar que puede utilizar estos recursos de mejor manera que la tecnología anterior. En otras palabras, cuando nos referimos a tecnología, el criterio de eficacia debe ser reemplazado por el de eficiencia, si es que entendemos por tal la capacidad de hacer efectivo un propósito utilizando la menor cantidad de recursos posible. Observemos que la eficiencia como criterio selectivo constituye una característica distintiva del cambio tecnológico, que se encuentra ausente en el ámbito de las ciencias puras. Si bien es cierto que cuando se produce un cambio en ciencia pueden intervenir criterios que a veces son denominados de eficiencia, ésta adquiere un sentido muy diferente que en el caso de la tecnología. En efecto, una teoría en el campo de las ciencias puras puede ser reemplazada por otra porque explica de manera más “eficiente” que la teoría anterior un determinado fenómeno, o porque resuelve de forma más “eficiente” un dado grupo de problemas. Sin embargo, en este contexto el término eficiencia no se refiere a una

¹² M. Bunge, “Ciencia Básica, Ciencia Aplicada y Técnica”, *Ciencia y Desarrollo*, Siglo Veinte, Buenos Aires, 1982.

¹³ *Diccionario Enciclopédico Abreviado*, 2^a Ed., Espasa-Calpe, Madrid, 1933.

mejor utilización de los recursos materiales (incluido el tiempo, que en la vida práctica tiene un valor material) como ocurre *siempre* en tecnología, sino que tiene que ver esencialmente con el sentido estético del investigador o de la comunidad científica.

Debemos así coincidir con Bunge cuando afirma que el tecnólogo está justificado al preferir la teoría más simple (aunque no sea la más cercana a la verdad), ya que está más interesado en la eficiencia que en la verdad. En situaciones reales, las variables relevantes son desconocidas, o conocidas sólo de manera imprecisa. Tales situaciones son de una complejidad tal que impiden un estudio detallado. En particular, el método reduccionista clásico consistente en aislar las variables una a una suele ser impracticable en tecnología. Dado que lo que se busca es la máxima eficiencia, se intentará una serie de acciones prácticas generalmente simultáneas. Si el resultado es satisfactorio, no será posible en la mayoría de los casos establecer cuál de las acciones fue realmente exitosa, o cuál de las hipótesis era verdadera. Sólo cuando hacemos experimentos de laboratorio o cuando desarrollamos teorías científicas discriminamos entre las variables, les asignamos un peso relativo y las controlamos a través de su manipulación o su medición. En consecuencia, Bunge concluye que la práctica no tiene poder validatorio, sólo la investigación (pura o aplicada) puede establecer el valor de verdad de las teorías. Existen en efecto innumerables ejemplos que nos enseñan que una teoría puede ser exitosa en la práctica (o mejor dicho sugerir acciones exitosas) y ser sin embargo falsa, al menos parcialmente. Continuamente hacemos cosas sin entender cabalmente los procesos involucrados y, recíprocamente, entendemos cosas que no podemos hacer (por ejemplo el proceso de fusión nuclear), lo que es suficiente para establecer la distancia que existe entre el conocimiento y la práctica. Sin embargo, esta distancia puede acortarse en la medida en que los procedimientos artesanales sean provistos de una base tecnológica, y que la tecnología se asiente a su vez en ciencia aplicada.

Es posible sugerir en virtud de lo expuesto, que el concepto de eficiencia podría constituir el criterio de demarcación entre ciencia (pura y aplicada), y tecnología. En tal sentido, tengamos en cuenta que ya Heidegger^{14, 15} nos dice que la esencia de la tecnología moderna es la

¹⁴ H. L. Dreyfus, "Heidegger on Gaining a Free Relation to Technology", A. Feenberg & A. Hannay Eds., *The Politics of Knowledge*, Indiana Univ. Press, Indianapolis, 1995.

¹⁵ M. Heidegger, *The Question Concerning Technology*, Harper Colophon, New York, 1977.

búsqueda de cada vez mayor flexibilidad y eficiencia “por sí mismas”. En otras palabras, su único objetivo sería la *optimización*. De cualquier modo, aún aceptando que la eficiencia es un adecuado criterio demarcatorio entre ciencia y tecnología, subsiste la dificultad de establecer los límites entre ciencia pura y aplicada. En tal sentido, el criterio muchas veces propuesto de caracterizar a la ciencia pura por un objetivo cognitivo y a la ciencia aplicada por un objetivo de utilidad, no resulta enteramente satisfactorio ni riguroso. Para ver que esto es así basta considerar que cuando un fisiólogo que estudia determinados aspectos del metabolismo celular, dice hacer investigación básica, un físico-químico experimental juzgará que se trata de físico-química aplicada de membranas, siendo la investigación físico-química que él realiza la que merece denominarse básica. Por el contrario, un termodinamicista teórico afirmará que el físico-químico experimental no hace otra cosa que termodinámica aplicada y así sucesivamente hasta llegar a la teología pasando por la semántica¹⁶. Es fácil ver que el objetivo cognitivo se encuentra siempre presente, en todo caso conviviendo con el objetivo de utilidad. De cualquier modo, resulta claro que la utilización del tipo de objetivo como criterio demarcatorio entre ciencia pura y ciencia aplicada no resulta enteramente satisfactorio.

Las dificultades recurrentes que se presentan toda vez que se intenta establecer una delimitación clara entre lo que es ciencia pura y ciencia aplicada nos lleva a sugerir la siguiente propuesta: no existe criterio de demarcación que permita diferenciar en forma precisa a la ciencia pura de la ciencia aplicada. El pasaje desde una hacia la otra es gradual, continuo, y relativo al contexto o marco de referencia subjetivo desde el que se lo analice. En otras palabras, el encuadramiento de una dada porción de conocimiento como ciencia pura o como ciencia aplicada depende del punto de vista desde el cual se la considere: lo que es sin lugar a dudas ciencia pura para un investigador puede ser claramente ciencia aplicada para otro. Por la misma razón, todas las consideraciones epistemológicas desarrolladas para la ciencia pura son en principio válidas para la ciencia aplicada. De acuerdo con esta posición relativista o contextualista, no existiría un criterio absoluto para calificar a una dada región del conocimiento científico como “pura” o como “aplicada”, ya que aun en aquellos casos extremos en que el encuadramiento bajo una dada calificación podría parecernos evidente, la calificación siempre podría cambiar como consecuencia de alguna modificación en el contexto.

¹⁶ J. Sábato, Charlas Informales en el Dpto. de Metalurgia de la CNEA en la década del '60.

Surge de todas estas consideraciones que, al menos dentro del “contexto de justificación”, no existirían diferencias metodológicas entre la ciencia pura y la ciencia aplicada. Nos preguntamos ahora si podemos hablar también de un contexto de justificación en el caso de la tecnología, y de qué modo éste puede diferenciarse del de la ciencia. Cuando analizamos los aspectos metodológicos fundamentales del contexto de justificación de las ciencias fácticas, especialmente las naturales, debemos aceptar que la esencia de aquél está estrechamente relacionada con el concepto de verificabilidad o siguiendo a Popper, de falsabilidad. Es decir, una teoría científica mantiene su validez en tanto resista los intentos que hacemos para refutarla empíricamente. Podemos ver que la validez de una teoría científica depende de que la misma exhiba un cierto isomorfismo con el mundo físico, y cuanto más amplio sea el dominio de este isomorfismo más contenido cognitivo podemos atribuirle a la teoría en cuestión. En cambio, según hemos visto, en tecnología el objetivo cognitivo queda subordinado al objetivo de utilidad y esto se refleja en el hecho de que la adopción o el cambio de una tecnología por otra está determinado directamente por su eficiencia antes que por su contribución cognitiva. Observemos aquí que, si bien puede existir una intención cognitiva por parte del tecnólogo, el conocimiento eventualmente obtenido es empleado de manera de ponerlo al servicio del objetivo de utilidad, como ocurre en forma muy cruda en el método de “prueba y error”.

Finalicemos recordando que Heidegger nos dice que la tecnología está “enraizada” en el hombre. En otras palabras, el hombre no se encuentra en una relación externa con la tecnología, lo que significa que no es algo aparte de su ser. Heidegger llama al hombre “ser en el mundo” para poner de manifiesto la relación del hombre con su entorno. Según esta concepción, la experiencia corriente es la parte pre-reflexiva de la existencia del hombre. En sus reflexiones sobre la tecnología, Heidegger observa que es posible definir a esta última como “un medio y una actividad humana”. Esto es lo que él llama la “definición instrumental y antropológica” de la tecnología. En tal sentido, la tecnología es tan vieja como la civilización misma. Sin embargo, cuando nos interrogamos sobre la esencia de la tecnología moderna, nos hallamos frente a algo totalmente diferente y nuevo. Desde su óptica, ya no somos siquiera sujetos que convierten a la naturaleza en un objeto de explotación. En su lugar, la relación objeto-sujeto alcanza por primera vez una forma en la cual tanto el objeto como el sujeto son absorbidos como reservas en disponibilidad. Todas las ideas acerca de servir a Dios, a la sociedad, a nuestros se-

mejantes o a nuestros propios intereses, desaparecen. De acuerdo con esta visión, los seres humanos se convierten en un recurso para ser utilizado, o más aún, para ser mejorado u optimizado como cualquier otro: “el hombre, que ya no oculta su carácter de constituir la materia prima más valiosa, es absorbido dentro de este proceso”¹⁷. Heidegger distingue así los problemas causados por las tecnologías específicas, tales como el daño nuclear, consumismo, etc., de los riesgos de lo que él denomina la “concepción tecnológica del ser”, según la cual la tecnología se convierte en el instrumento *necesario* de la felicidad humana. En otras palabras, la mayor amenaza de la tecnología la constituye que el “modo utilitario” de pensamiento llegue a ser considerado el único modo de pensamiento posible. De manera que de acuerdo con esto, el peligro no reside tanto en la destrucción de la naturaleza o de la cultura, sino en una restricción en nuestra forma de pensar, es decir, en una suerte de homogeneización de la concepción o comprensión del ser. Sin embargo, aunque esta concepción tecnológica del ser ha venido construyéndose desde Platón, la misma no es, según Heidegger, inevitable.

Profesor Titular Ordinario del Instituto Sabato (UNSAM-CNEA),
Profesor Consulto Asociado FIUBA,
Miembro Titular de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires
y de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

¹⁷ M. Heidegger, “Overcoming Metaphysics”, *The End of Philosophy*, Harper and Brown, New York.