
Racionalidad y valores éticos en las Ciencias y la Tecnología

León Olivé

Arbor CLXII, 638 (Febrero 1999), 195-220 pp.

En este artículo se critica la concepción según la cual la Tecnología está libre de valores y que en sí misma no plantea problemas éticos. Frente a ella se defiende la concepción, de acuerdo con la cual, las personas y los fines que ellas persiguen intencionalmente forman parte de los sistemas técnicos mismos, al igual que los conocimientos y creencias que se ponen en juego al operar esos sistemas; y, por tanto, la Tecnología ya no puede concebirse como indiferente al bien y al mal.

Se analiza, además, el problema que afrontaron los científicos Mario Molina y Sherwood Rowland —Premios Nobel de Química 1995— en sus estudios sobre el agujero de la capa de ozono en la atmósfera terrestre, para ilustrar, por un lado, que es factible actuar de manera responsable en una situación en la que un sistema técnico está produciendo daños, aun cuando no exista evidencia contundente para aceptar una relación causal entre la operación del sistema y los daños en cuestión; y, por otro lado, que hay situaciones en las que los científicos y los tecnólogos tienen responsabilidades morales qua científicos y tecnólogos.

El artículo concluye con una revisión de los deberes para los científicos y tecnólogos, para el Estado y las instituciones de Educación e Investigación, así como para los ciudadanos en general, con respecto a ciertos problemas éticos que plantea la Tecnología.

Abrir al azar un diario cualquier día es una invitación a leer sobre una serie de episodios de violencia, de deterioro social y ambiental, de daños a personas y a sus bienes. A veces se trata de desastres

naturales, terremotos, huracanes, sequías, pero en muchos casos se trata de daños producidos mediante la aplicación de algún recurso tecnológico. En las guerras, en actos terroristas, en la represión de manifestaciones populares y en crímenes comunes se utilizan armas convencionales o sofisticados armamentos; en fraudes financieros o electorales suelen utilizarse complejos equipos de cómputo; el más serio deterioro ambiental es consecuencia de Tecnologías tales como los motores de gasolina, las industrias petrolíferas y químicas en general, los desperdicios nucleares, o la explotación irracional de los bosques y selvas tropicales.

Pero también en la prensa diaria leemos sobre los beneficios de la Tecnología: terapias más efectivas para enfermedades que hasta hace poco eran mortales, nuevas vacunas, remedios para la impotencia sexual, robots que hacen cirugía a corazón abierto, sistemas de cómputo y de comunicaciones que permiten teleconferencias y reuniones a distancia, productos novedosos en la telefonía celular, en internet, en carreteras o en aviones para hacer la comunicación más rápida, segura y económica.

La posibilidad de que la Tecnología se use para bien y para mal da lugar a concepciones encontradas acerca de su naturaleza y de los problemas éticos que plantea. Una de esas concepciones sostiene la llamada «neutralidad valorativa» de la Tecnología. De acuerdo con ella, la aplicación benéfica o perniciosa de la Tecnología depende sólo de quiénes sean los usuarios, cuáles sus propósitos y los medios que utilicen para lograrlos, es decir, cómo usen las técnicas o los instrumentos que ofrece la Tecnología para obtener sus fines. Esta posición insiste en que el control humano de la energía atómica no es bueno ni malo de por sí. Es bueno si se usa para fines pacíficos, y se cuidan los efectos ambientales, y es malo si se usa para producir bombas, y peor si esas bombas se usan efectivamente. Las armas nucleares están diseñadas para lograr un fin destructivo, pero aunque éste no llegue a realizarse, quienes las poseen pueden ejercer un poder mediante la coacción. Sin embargo, el vicio no está en el control de la energía nuclear, sino en el fin de dominar por medio de la coacción. Internet y los satélites artificiales pueden utilizarse para fines militares o para incitar al mal, pero también para comunicar a la gente y facilitar el intercambio de información científica, cultural y comercial; la Biotecnología puede servir para producir mejores vacunas, para salvar vidas y prevenir epidemias, o puede utilizarse para fabricar armas biológicas; los explosivos comunes pueden usarse para actos terroristas, o para construir viviendas dignas.

Desde este punto de vista, la Tecnología es nada más un medio para obtener fines determinados. Los problemas éticos surgen tan sólo ante la elección de los fines a perseguir. Los que pueden ser buenos o malos, desde un punto de vista moral, son los fines. Pero la Tecnología no es responsable de los fines que se elijan. La Tecnología es neutral con respecto a ellos y no tiene sentido hablar de Tecnologías intrínsecamente perniciosas o intrínsecamente benéficas. La Tecnología está libre de valores morales y, por tanto, en sí misma no plantea problemas éticos.

A esta concepción de la Tecnología se opone otra que propone un análisis de los sistemas técnicos de acuerdo con el cual la Tecnología ya no puede concebirse como indiferente al bien y al mal. Este punto de vista llama la atención sobre el hecho de que los sistemas técnicos no están constituidos sólo por un conjunto de instrumentos y aparatos, sino que son mucho más que eso. Las personas y los fines que ellas persiguen intencionalmente forman parte de los sistemas técnicos mismos, al igual que los conocimientos y creencias que se ponen en juego al operar esos sistemas. Puesto que las intenciones y los fines sí son susceptibles de ser juzgados desde un punto de vista moral, los sistemas técnicos pueden ser condenables o loables, según los fines que se pretendan lograr mediante su aplicación. La Tecnología, entonces, sí es susceptible de un análisis desde un punto de vista ético. Esto puede verse más claro si hacemos algunas precisiones conceptuales.

1. Los sistemas tecnológicos como sistemas intencionales

En Filosofía de la Tecnología suele hacerse una distinción entre técnicas, artefactos y sistemas técnicos¹. Las *técnicas* son sistemas de habilidades y reglas que sirven para resolver problemas. Las técnicas se inventan, se comunican, se aprenden y se aplican. Por ejemplo, se habla de una técnica de «punta seca» o una de «aguatinta» para hacer grabado, o de técnicas de propaganda para ganar el mercado para un cierto producto. Uno de los siete samurais en la película de Kurosawa estaba fundamentalmente interesado en perfeccionar la técnica de su arte marcial, es decir, en cultivar a fondo y mejorar sistemáticamente un conjunto de habilidades.

Los *artefactos* son objetos concretos que se usan al aplicar técnicas y que suelen ser el resultado de las transformaciones de objetos concretos. Los artefactos se producen, se fabrican, se usan y se intercambian. Todo el mundo sabe lo que es un artefacto, desde un cuchillo

de cocina, hasta un avión o un misil nuclear. Pero los artefactos también pueden ser estados de un *sistema*, digamos del sistema económico de un país o de una región, o de un sistema ecológico, cuando es transformado por acciones de los seres humanos.

El término «objeto concreto» se usa aquí en un sentido muy amplio, simplemente para oponerlo al de «objeto abstracto». Una teoría científica es un objeto abstracto, los números son objetos abstractos. Una técnica, por ejemplo de punta seca en grabado, es una entidad abstracta, en tanto está constituida por un conjunto de reglas. Pero un grabado realizado mediante la técnica de punta seca es un objeto concreto. Un proceso de fisión atómica realizado en un reactor nuclear es una cosa concreta, lo mismo que el reactor o un misil nuclear. Pero también es concreto un sistema económico, o las actitudes y acciones de una persona. Hay técnicas para manipular, controlar o sojuzgar personas, pues mediante la intimidación sistemática o «lavados de cerebro» puede obligarse a alguien a realizar ciertas acciones. La conducta de una persona es una cosa concreta, y puede ser un artefacto, es decir, puede ser provocada mediante la aplicación de técnicas de manipulación psicológica, ideológica o simplemente por medio de la amenaza directa y sistemática.

Los sistemas sociales también son cosas concretas. Hay técnicas que se aplican con la intención de controlarlos, como las técnicas económicas que pretenden controlar la inflación, o disminuir el desempleo. El que suelen ser ineficientes es otra cosa.

La noción de *eficiencia* se refiere a la adecuación de los medios para los fines propuestos. Es una noción estrechamente ligada con la noción de *racionalidad instrumental*: se trata de la elección de los medios adecuados para conseguir los fines propuestos, pero no involucra la discusión de la corrección o incorrección de los fines, ni en términos morales, ni en ningún otro sentido.

Una técnica puede considerarse más eficiente que otra si obtiene los mismos resultados a un costo menor, o a un costo igual obtiene mejores resultados. Pero el costo no se refiere al económico únicamente, sino en general a las consecuencias de la aplicación de la técnica y la forma en la que afecta a personas o a su entorno en aspectos que esas personas valoran.

Una técnica puede evaluarse desde un punto de vista interno y desde uno externo. El interno analiza la factibilidad de la técnica —la posibilidad de llevarla a la práctica— y su eficiencia. El análisis externo examina las consecuencias de su aplicación en el entorno natural y social. Una planta nuclear, por ejemplo, puede compararse con otros medios de

producir energía eléctrica y en ese sentido evaluarse su eficiencia, determinar si produce más energía a menor costo que otras técnicas, digamos de plantas hidroeléctricas. Pero, desde un punto de vista externo, habría que tomar en cuenta no sólo el costo económico, sino las consecuencias ambientales, sociales y culturales en donde se construirá.

Pero ni las técnicas ni los artefactos existen al margen de personas que las aplican o los usan con determinadas intenciones. Una piedra bruta no ha sido fabricada por nadie, no es un artefacto, pero puede ser usada como medio para pulir otra piedra, para romper una nuez o una cabeza. Cuando alguien la usa intencionalmente para transformar un objeto concreto está produciendo un artefacto. Pero entonces se ha creado un *sistema técnico*, que consta de un agente intencional (al menos una persona que tiene alguna intención), de un objeto que el agente usa con cierto propósito (la piedra que se utiliza instrumentalmente para lograr un fin), y de un objeto concreto que es transformado (otra piedra que es pulida, o una cabeza que es descalabrada). El resultado de la operación del sistema técnico, el objeto que ha sido transformado intencionalmente por alguna persona, es un artefacto (la piedra pulida o la cabeza rota).

Los agentes intencionales, al plantearse fines lo hacen ante un trasfondo de creencias y de valores. Alguien puede querer pulir una piedra porque cree que la piedra pulida le permitirá cortar ciertos frutos. La piedra pulida es algo que el agente intencional valora. Los sistemas técnicos, entonces, también involucran creencias y valores.

Pero, hoy en día, los sistemas técnicos pueden ser muy complejos, piénsese en las plantas nucleares que producen electricidad, o en los sistemas de salud preventiva que utilizan vacunas. Entre muchos otros elementos estos sistemas involucran conocimientos científicos, sobre Física atómica en un caso y sobre Biología en el otro.

En suma, los sistemas técnicos están formados por conjuntos de creencias, conocimientos y acciones intencionales orientadas hacia la transformación de objetos concretos, cuyos resultados se consideran valiosos por quienes buscan producirlos. Son sistemas de acciones en donde los individuos que participan en ellos tienen intenciones de obtener fines determinados. Para que ello sea posible, los individuos ejercitan su capacidad de tener representaciones y valoraciones del mundo sobre el cual desean intervenir.

Cuando un sistema técnico incluye conocimientos científicos podemos referirnos a él como un *sistema científico-técnico*. El término «Tecnociencia» se refiere a la Tecnología entendida como el conjunto de artefactos, técnicas y sistemas técnicos cuya producción y aplicación

presupone o involucra directamente conocimientos científicos. Este es el caso de la inmensa mayoría de los artefactos que se producen hoy en día y de las técnicas y sistemas técnicos que se aplican actualmente. Por esto las reflexiones que siguen se refieren indistintamente a la Tecnología o a la «Tecno-ciencia», y cuando hablamos de sistemas técnicos debe entenderse que se trata de sistemas científico-técnicos.

Los resultados de la operación de un sistema técnico forman parte del mismo sistema. Los resultados pueden ser aparatos (licuadoras o aviones de combate), sucesos (la explosión de una bomba, la muerte de personas, el control de la inflación, la curación de un enfermo), o pueden ser procesos dentro de un sistema (la paulatina transición hacia la democracia, como en el sistema político mexicano), o modificaciones de un sistema (las alteraciones en un sistema ecológico por la construcción de una presa o la destrucción de un bosque).

Los sucesos, procesos o modificaciones de los sistemas naturales o sociales son *artificiales*, tanto como los aparatos, cuando son efecto de la operación de un sistema técnico. Mi muerte puede ser natural, debida a una enfermedad que mi cuerpo ya no puede superar, pero es artificial si resulta de la acción de alguna persona (que puedo ser yo mismo, en el caso del suicidio). La destrucción de una ciudad es natural si se debe a un terremoto, pero es artificial si es causada por la explosión de una bomba nuclear.

Los estados de un sistema, los procesos o los sistemas completos producidos artificialmente, puesto que son el resultado de la operación de sistemas técnicos, son también artefactos. Los *artefactos*, pues, no se reducen sólo a los aparatos, y son piezas importantes de la Tecnología. Pero la Tecnología es mucho más que el conjunto de aparatos y de artefactos. La Tecnología incluye también a los sistemas técnicos completos, compuestos por personas que tienen intenciones, que eligen fines y se proponen obtenerlos, para lo cual ponen en juego sus creencias, sus valores y sus pasiones. Por esto, los problemas éticos que plantea la Tecnología no se reducen al posible uso para bien o para mal de los artefactos. Los artefactos son el resultado de la operación de sistemas técnicos, y son los *sistemas técnicos* los que pueden ser apreciables o condenables desde un punto de vista moral.

2. La Tecnología por definición existe para dominar, controlar y transformar

El problema ético que plantea la Tecnología no es que los artefactos, las técnicas y los sistemas técnicos sean creados por los seres humanos

para dominar, controlar y transformar objetos concretos, naturales o sociales.

Este es el rasgo distintivo de la Tecnología, pero la dominación, el control y la transformación de objetos concretos, incluso los sociales, no es intrínsecamente buena o mala, moralmente hablando. El control de una epidemia es bueno; el control de la inflación, sin desempleo y sin miseria, es bueno. La transformación de un paraje desértico en un campo de golf puede ser bueno, si genera empleos y produce bienestar a una población, y si las modificaciones del medio ambiente no son nocivas. Pero la transformación de tierras de cultivo en un campo de golf, aunque aquéllas no se cultiven con técnicas ni por medio de relaciones sociales altamente productivas en términos de una economía de mercado, es moralmente reprobable si tiene como consecuencia la disolución de una comunidad tradicional.

La tesis de la neutralidad valorativa —y, por tanto, ética— de la Tecnología tiene una parte de razón, porque se basa en el hecho de que no es posible evaluar moralmente la Tecnología en general o en abstracto. Es cierto que la finalidad de la Tecnología en general es el control y el dominio de sucesos y procesos naturales y sociales, y eso no puede juzgarse en abstracto como moralmente bueno ni como malo.

Pero esta concepción falla porque pasa por alto que la Tecnología sólo funciona mediante la aplicación de sistemas técnicos concretos, en donde se persiguen fines determinados y se utilizan medios específicos para obtenerlos. La dominación y el control sobre alguien o sobre algo sí puede ser evaluado moralmente, porque siempre se da por medio de técnicas y sistemas técnicos concretos, con propósitos definidos, con medios específicos y con consecuencias observables. Los sistemas técnicos concretos, por tanto, sí están sujetos a evaluaciones morales y no son éticamente neutros. Los problemas éticos de la Tecnología, entonces, no los plantea la Tecnología en abstracto, los plantean los sistemas técnicos concretos, pero la Tecnología sólo existe por medio de esos sistemas técnicos concretos.

3. Indeterminación de las consecuencias de las innovaciones tecnológicas

Hay casos en que la operación de un sistema técnico produce daños que son medios para obtener fines moralmente condenables. Entonces, el sistema técnico del cual forman parte esos fines es también mo-

ralmente condenable. Pero hay casos en que se producen daños como consecuencias inevitables del sistema técnico que opera para obtener fines que son moralmente aceptables y que implican un beneficio para una persona, para una comunidad o para la Naturaleza. Si el beneficio es deseable aunque se padezcan esos daños, y no hay alternativa viable a ese sistema, la operación del sistema técnico es aceptable desde un punto de vista moral.

Pero en este segundo caso se asumen dos supuestos que conviene hacer explícitos: por un lado, se supone que todos los daños que producirá el sistema técnico son previsibles; y, por el otro, se supone que hay algún criterio para decidir cuándo el fin es deseable, a pesar de que su obtención suponga daños (previsibles). Esto es lo que ocurre cuando en una intervención quirúrgica se daña o mutila el cuerpo de una persona, pero el médico y el paciente conocen las consecuencias, y el paciente está dispuesto a asumirlas con tal de obtener el beneficio final: la curación.

Estos dos supuestos enfrentan el serio problema de que en la mayoría de las situaciones en donde operan sistemas técnicos, y sobre todo cuando se trata de innovaciones tecnológicas, si bien su eficiencia puede ser conocida hasta cierto punto, normalmente es imposible prever todas las consecuencias posibles que su aplicación y expansión producirá en las personas, en la Sociedad o en el medio ambiente.

En muchas ocasiones se producen daños que son resultados no intencionales de la operación del sistema técnico en cuestión. Típico ejemplo de esto es la contaminación ambiental. Hay Tecnologías que provocan deterioro o destrucción del medio ambiente, pero éstas son consecuencias no intencionales de la operación de ciertos sistemas técnicos, es decir, el recurso a ellas no se hizo con la intención de provocar daños, ni de dominar o sojuzgar a seres humanos. Un ejemplo de una Tecnología que ha producido daños mayores, cuando la producción de esos daños no estaba contemplada como uno de los objetivos de los sistemas técnicos, es el automóvil con motor de gasolina. Al inventarse y aceptarse su uso generalizado nadie tuvo la intención de echar a perder el aire de la Ciudad de México. Pero la deteriorada situación atmosférica en el Valle de México es un artefacto, y es el resultado de un sistema técnico que tal vez nadie, al diseñarlo y operarlo, lo pensó para obtener fines moralmente reprobables.

¿Quiere decir esto que no podemos hacer ningún juicio moral sobre las innovaciones tecnológicas, y que debemos resignarnos a aceptar la aplicación de todo tipo de innovación tecnológica, y sólo sobre la marcha intentar corregir los resultados indeseables?

Hay ejemplos que sugieren que no es razonable quedarse de brazos cruzados, permitir la aplicación y proliferación de todo tipo de Tecnología, y sólo sobre la marcha ir capeando los temporales. Ciertamente no en las condiciones y en los riesgos del mundo actual, en donde los expertos tampoco pueden prever todas las consecuencias. La lección de los desperdicios nucleares es muy clara. Aun suponiendo que la energía nuclear sólo se hubiera utilizado para fines pacíficos, los desechos de los primeros años de la Era nuclear se manejaron de acuerdo con estándares entonces aceptados por la comunidad de expertos y que ahora se reconocen como inadecuados, lo cual tuvo como consecuencia una acumulación de desperdicios radioactivos que producen un serio problema de contaminación, ciertamente inaceptable bajo normas actuales.

¿Hay algún punto de equilibrio que permita orientar la toma de decisiones y las acciones frente a las innovaciones tecnológicas, que sea intermedio entre la inviable prohibición de toda innovación tecnológica y la inmoderada aceptación de toda Tecnología?

Buscando ese punto de equilibrio muchos científicos y tecnólogos, así como organizaciones ecologistas, defienden el llamado principio «precautorio» o «cautelar», por medio del cual se propone establecer un criterio para la toma de decisiones con respecto a la operación de sistemas técnicos que se cree que pueden producir resultados perniciosos. En el campo ecológico, por ejemplo, el principio establece que se tomen medidas preventivas cuando existan *bases razonables* para creer que la introducción de sustancias o de energía en el medio ambiente puede resultar peligrosa para animales, para humanos o para el ecosistema en general. La idea es que no se arrojen al medio ambiente los desechos si existe esa base razonable, *aunque no se tenga evidencia concluyente de que existen relaciones causales entre la presencia de los desechos y los supuestos daños*. Este principio ha sido ya aceptado por diversos países en relación con medidas específicas para controlar ciertos desechos industriales que se arrojan al mar.

Pero, de nuevo, aparece un problema, y es que, si bien este principio parece racional, idealmente hablando, es claro que cuando se trata de aplicar innovaciones tecnológicas, por razones políticas y económicas, no es un principio que las empresas y los gobiernos estén dispuestos a seguir. La debilidad del principio es que habla de *bases razonables*, y no hay criterios únicos, aceptables para todos los que pueden participar en una controversia al respecto, para determinar cuándo existen esas «bases razonables».

Este es el principal punto de diferencia entre los problemas científico-tecnológicos, los de la Tecno-ciencia, y los puramente científicos. La gran mayoría de las decisiones tecnológicas que pueden tener un fuerte impacto social o ambiental deben tomarse en contextos de incertidumbre, en donde a lo más hay bases razonables para creer que habrá efectos negativos (o para creer que no los habrá), pero normalmente no pueden tomarse sobre la base de *razones objetivamente suficientes*, es decir, de razones incontrovertibles para todo aquél que tenga acceso a la información y a los conocimientos pertinentes².

Pero, además, a diferencia de las decisiones en la Ciencia Pura, en los contextos tecnológicos las decisiones no están sólo en manos de tecnólogos expertos. Las decisiones tecnológicas son mucho más complejas: ciertamente intervienen grupos de expertos que pueden decidir acerca de la factibilidad o de la eficiencia de una técnica o de un sistema técnico, pero las decisiones sobre aplicaciones tecnológicas en gran medida las toman grupos de empresarios o funcionarios del Estado, de acuerdo con intereses muy diversos. Las diferencias y las confrontaciones de intereses hacen que sea muy difícil llegar a acuerdos acerca de lo que cuenta como «bases razonables». Por ejemplo, la compañía petrolífera trasnacional Shell había tomado en 1996 la decisión de hundir en el Mar del Norte una plataforma petrolífera. Su decisión obedecía a razones e intereses económicos, siendo el hundimiento la forma más barata de deshacerse de la plataforma. El proyecto se suspendió desde el verano de 1996 por las acciones de grupos ecologistas, quienes alegaban que se produciría un daño irreparable, y que existían formas alternativas más seguras desde el punto de vista del cuidado ambiental para deshacerse de la plataforma. Y si bien no existía evidencia concluyente, los ecologistas alegaban que se trataba de un caso típico en donde debía prevalecer el principio precautorio. En virtud de esas acciones, se estudiaron diversas formas alternativas de deshacerse de esos desperdicios. En enero de 1998 la Shell anunció que renunciaba a hundir la plataforma.

Sobre este tipo de confrontaciones y controversias hay quienes incluso hablan de que se trata de «racionalidades» diferentes. Pero esta manera de hablar, como cuando se insiste en que grupos distintos tienen «lógicas» diferentes, es sólo una manera (que usa mal la idea de racionalidad, o de lógica), mediante la cual se señala algo importante, a saber, que hay intereses encontrados. Los diferentes intereses llevarán a tomar decisiones distintas con base en la aplicación de técnicas diferentes, aunque los hechos a los que se refieran las partes en conflicto sean los mismos.

Por lo general, las decisiones de producir masivamente y de introducir al mercado cierta Tecnología y sus productos, corresponde a las empresas o a los gobiernos. Y corresponde a los gobiernos permitir o prohibir la aplicación o difusión de Tecnologías específicas. Piénsese en la legislación sobre la clonación humana. Pero la deseabilidad de los sistemas técnicos, y sobre todo la evaluación de las consecuencias de su aplicación, nunca es una cuestión que atañe sólo a expertos, ni sólo a empresas, ni sólo a gobiernos: siempre involucran a amplios sectores sociales, cuando no a la Humanidad entera (sin exagerar, por ejemplo, en lo que afecta al medio ambiente).

Las decisiones tecnológicas no son asépticas, ni están libres de intereses (económicos, políticos e ideológicos). La toma de decisiones en Tecnología normalmente está contaminada de uno o varios de esos factores. ¿Significa eso que no puede haber decisiones racionales sobre cuestiones de aplicación de técnicas y operación de sistemas técnicos? No. Pero sí significa que las decisiones deben ser consensadas entre grupos con diferentes intereses, y que las formas de llegar a acuerdos racionales no pueden formalizarse por medio de algoritmos, es decir, de reglas computacionales.

En el campo de la Tecnología ocurre lo mismo que en el terreno científico: cuando el sistema técnico en cuestión se analiza en el contexto amplio de la Sociedad y el medio ambiente que serán afectados por su aplicación, no existen algoritmos de racionalidad para la aceptación de creencias, ni para la toma de decisiones.

Pero la Filosofía de la Ciencia ha dejado claro ya desde hace tiempo que hay que abandonar la idea de que la racionalidad científica es algorítmica y debe conducir siempre a una única respuesta posible. Más aún, ha quedado claro que la Ciencia carece de las bases de certeza que se creía que tenía incluso hasta hace pocos años. Pero esto no significa que no haya procedimientos racionales para la aceptación de conocimiento científico, ni que no pueda confiarse en él. Sólo quiere decir que la racionalidad científica no equivale a un algoritmo computacional sino que es más compleja, y significa también que el conocimiento científico es falible —siempre es posible que creencias concretas aceptadas en un cierto momento tengan que ser corregidas a la luz de nuevas pruebas—, pero no por eso todo el conocimiento científico deja de ser válido.

A pesar de sus limitaciones, de las cuales hay que hablar claramente ante el público en general, la Ciencia es enormemente valiosa. Lo mismo ocurre con la Tecnología, la vida en el mundo moderno es impensable sin ella. Y aunque en el terreno tecnológico, lo mismo que

en el científico, no haya certezas incorregibles ni algoritmos para la toma de decisiones, y de hecho diferentes puntos de vista se enfrenten en función de diversos intereses, sí hay vías de acción, de discusión y de llegar a acuerdos, que son racionales.

Por eso, la reacción ante la falta de certezas incorregibles y de puntos de vista y de razonamientos únicos no debe ser la crítica estéril a la Tecno-ciencia, ni su rechazo global, sino más bien el desarrollo y la participación responsable en las controversias acerca de decisiones que afectan a la comunidad o al medio ambiente. Las controversias se establecen sobre la base del reconocimiento del interlocutor como un agente racional, con quien se discrepa en la cuestión sujeta a debate, y es probable que no se esté de acuerdo con él en todos los presupuestos, pero son finalmente formas racionales de buscar acuerdos y, por eso, deben ser bienvenidas. Dado que en la Ciencia, pero más en la Tecnología, se confrontan puntos de vista distintos, con intereses encontrados, las controversias no sólo son saludables, sino necesarias.

Las partes que participan en una controversia deben establecer una base mínima de acuerdos para proceder en la discusión, y cada una debe estar dispuesta a hacer modificaciones en sus actitudes y en sus presupuestos, sobre la base de razones aducidas por la otra parte. No necesariamente, y más bien rara vez, las partes lograrán el acuerdo completo en todo lo que interesa a cada una, pero en cambio deben buscar el acuerdo para resolver problemas concretos. Por ejemplo, en el caso del hundimiento de la plataforma de petróleo, una compañía transnacional y las organizaciones ecologistas deben llegar a un acuerdo sobre una forma aceptable para ambas de eliminar los desechos industriales, aunque no sea la óptima de acuerdo con los intereses de cada parte.

Porque, normalmente, las decisiones tecnológicas afectan a comunidades enteras o al medio ambiente, no es correcto que se debatan y se asuman sólo dentro de una reducida comunidad de expertos. Pero esto no es correcto además porque, con gran frecuencia, los expertos tampoco tienen conocimiento de todas las consecuencias de la aplicación de un sistema técnico. En la toma de decisiones tecnológicas, pues, deben participar todas las partes interesadas, incluyendo quienes serán afectados por las aplicaciones de la Tecnología en cuestión.

Pero para que esto sea posible, y para aprovechar adecuadamente la Tecnología, la opinión pública debe tener confianza en la Ciencia y en la Tecnología como fuentes de información confiable y de resolución efectiva de problemas. Por esta razón, hay una enorme responsabilidad en la comunidad científica y tecnológica para que la opinión pública

pueda confiar razonablemente en ellas. La confianza debe estar basada en el conocimiento de los procedimientos científicos y tecnológicos y no en meros ejercicios de autoridad. Para ello las comunidades científico-tecnológicas deben ser transparentes en cuanto a sus métodos y procedimientos, dejando claro por qué son confiables y cuáles son sus limitaciones. Igualmente deben ser transparentes en cuanto a las implicaciones y consecuencias de la aplicación de Tecnologías específicas.

Puesto que la propagación de una Tecnología depende en gran medida de la respuesta pública que la acepte o no, el público debe decidir en función de la información que se le proporcione. Por eso, en los casos de innovaciones tecnológicas debe hacerse pública la información disponible acerca de lo que se sabe de sus consecuencias, y dejar claro lo que no se sabe. En particular, debe señalarse con claridad cuándo existen sospechas razonables de relaciones causales entre ciertos fenómenos, aunque no estén comprobadas concluyentemente bajo estándares aceptados en el momento. Todo esto debe difundirse ampliamente y dejar que el público decida la suerte de la Tecnología en cuestión.

Hasta aquí hemos analizado la forma en que la Tecnología plantea problemas éticos. Hemos visto que esos problemas son inevitables y son intrínsecos a la Tecnología, porque ésta se realiza sólo en la forma de técnicas específicas y de sistemas técnicos concretos. Pero ahora podemos preguntar, ¿cuáles son los problemas éticos que confrontan quienes desarrollan la Tecno-ciencia, es decir, los científicos y los tecnólogos? En lo que sigue haré algunos comentarios sobre esto, refiriéndome a un problema concreto: el agujero en la capa de ozono en la atmósfera terrestre. Como se sabe, ese agujero es un artefacto, es decir, se trata de un fenómeno producido artificialmente, causado por la emisión de compuestos producidos industrialmente, los llamados clorofluorocarburos (CFC's).

Comentar este caso nos permitirá hacer un análisis doble. Por una parte, el de la responsabilidad moral de los científicos y tecnólogos, como productores de Ciencia y de Tecnología; y por otra parte, el de la aplicación y la justificación del principio precautorio, pues el caso es uno típico de consecuencias imprevistas de la aplicación de cierto sistema técnico. Pero antes requerimos de algunas precisiones conceptuales más.

4. Los sistemas científico-tecnológicos

Por «sistema científico-tecnológico» se entiende el conjunto de elementos que permiten el desarrollo y la aplicación de una Ciencia par-

ticular, digamos la Química. Un sistema científico-tecnológico incluye lo siguiente: un conjunto de seres humanos (científicos, tecnólogos, técnicos, estudiantes, personal de apoyo, administradores); las instituciones en las que se realiza la investigación (Universidades, Institutos de investigación, industrias que promueven investigación); las instituciones que promueven y otorgan financiamiento para desarrollar proyectos y para evaluar tanto los resultados de los proyectos específicos como a las instituciones mismas (Universidades, Fundaciones, Agencias gubernamentales y transnacionales); las industrias que producen y comercializan artefactos; las bibliotecas, hemerotecas, y en general las fuentes de información, como las redes informatizadas o internet; los foros de discusión e instituciones encargadas de otorgar avales y reconocimientos (Academias, Asociaciones, revistas especializadas); los recursos materiales: infraestructura, recursos tecnológicos y financieros.

Pero los sistemas científico-tecnológicos también incluyen los recursos más abstractos: conocimientos teóricos científicos y tecnológicos; habilidades manuales y saberes prácticos, en el sentido de *saber cómo* hacer algo, por ejemplo, resolver un problema de laboratorio, que en muchas ocasiones se resuelven sin apelar a conocimientos científicos ni a sofisticados recursos tecnológicos.

Los sistemas científico-tecnológicos incluyen también normas y valores metodológicos, que indican a los científicos y tecnólogos cómo proceder. Como ejemplos de valores epistémicos y metodológicos suelen citarse los siguientes: honradez en la aplicación de las normas metodológicas, simplicidad de las teorías, elegancia de las demostraciones, claridad en las comunicaciones, rigor en el uso de los conceptos, exactitud en las mediciones. En el terreno tecnológico un valor central es el de eficiencia, un sistema técnico más eficiente siempre es preferible a otro que lo sea menos.

El objetivo de un sistema científico-tecnológico es producir conocimientos que puedan utilizarse en sistemas técnicos para resolver problemas específicos y lograr fines determinados. La condición para que esos conocimientos sirvan dentro de los sistemas técnicos es que se trate de conocimientos *objetivos*. Una hipótesis sólo puede aceptarse como conocimiento objetivo cuando cuenta con *razones objetivamente suficientes*. Comentemos brevemente esta noción.

5. Conocimiento objetivo

El término «razón» puede entenderse en dos sentidos. Primero, como una *capacidad o habilidad* de los seres humanos que les permite *conocer*

su entorno natural y social, lo cual hace posible —y supone— que interactúen con ambos entornos. La interacción social entre los seres humanos en donde se ejercita la razón es la interacción dialógica, la comunicación por medio de los lenguajes articulados, utilizando conceptos, conectando ideas, haciendo inferencias.

La razón como capacidad permite a los seres humanos tener representaciones del mundo, anticipar sucesos, plantearse el logro de ciertos fines y elegir medios para lograr esos fines. Cuando las personas ejercitan la capacidad de la razón para elegir los medios más apropiados para obtener fines determinados, sin discutir la conveniencia, la bondad o la legitimidad de esos fines, al ejercicio de esa capacidad es lo que se llama la *racionalidad de medios a fines* (o racionalidad técnica, como prefiere llamarle Agazzi³).

Pero, en muchas ocasiones, los fines mismos pueden someterse a discusión, y pueden elegirse los más apropiados en las circunstancias. Se trata entonces de una *racionalidad de fines*.

Cuando se trata de elegir creencias, la elección es racional cuando la creencia elegida cuenta con un *fundamento* o base que la sostiene. Ese fundamento consiste en otras creencias que la persona que hace la elección tiene por verdaderas. Esto da lugar a otro concepto de «razón», pues esas otras creencias que permiten aceptar o rechazar una creencia determinada son las «razones» que la apoyan o que la descalifican.

Así como hay razones que son el fundamento de otras creencias, puede haber razones para elegir o rechazar un cierto curso de acción o un cierto fin. Por ejemplo, puedo elegir actuar de cierta manera porque creo, basándome en razones, que mi acción me conducirá al fin que persigo.

Pero no todas las razones para creer algo son igualmente buenas. Hay buenas y hay malas razones. Para poder calificar a una creencia de auténtico conocimiento, se requiere que las razones que la apoyan sean *buenas* razones. Las buenas razones son las *objetivamente suficientes* para aceptar la creencia en cuestión⁴.

Una razón es *objetivamente suficiente* si es válida no únicamente para quien juzga, sino que es válida «con independencia de cualquier juicio particular que de hecho se formule sobre ellas». «Objetivo» es aquello cuya validez no depende del punto de vista particular de una o varias personas, sino que es válido con independencia de este punto de vista, para todo sujeto de razón que lo considere».

Las razones objetivamente suficientes son incontrovertibles para cualquier sujeto que tenga acceso a ellas y que tenga acceso también

a los mismos datos y que comparta ciertos supuestos básicos, en suma, a cualquier sujeto que pertenezca a la misma *comunidad epistémica*.

Los miembros de una «comunidad epistémica» comparten un conjunto de creencias previas aceptadas como verdaderas, reglas de inferencia, normas y valores epistemológicos, metodológicos, así como presupuestos metafísicos, de manera tal que pueden comprender y someter a discusión racional las ideas propuestas por otros miembros de la comunidad y, como resultado de tal discusión, llegar a aceptar de común acuerdo a ciertas proposiciones como *razones* que apoyan a otras proposiciones⁵.

El conocimiento que es accesible a los miembros de una comunidad científico-tecnológica a finales del siglo XX no sería accesible para un astrónomo maya del siglo IX de nuestra Era, no sin *socializarlo* y *educarlo* en la comunidad epistémica pertinente, la comunidad científica contemporánea, diferente de la comunidad epistémica de sabios mayas del siglo IX. Pero lo mismo vale para cualquier persona en nuestra época. Si no se le socializa y educa como miembro de la comunidad científico-tecnológica, no estará en condiciones de acceder a las razones objetivamente suficientes que apoyan un cierto conocimiento. Quien no es educado y socializado en el mundo de la Química, no tiene acceso a las razones objetivamente suficientes que fundamentan las teorías en esa disciplina.

Finalmente, los sistemas científico-tecnológicos también incluyen valores morales. Por ejemplo, la honradez intelectual (reconocer la paternidad o maternidad de las ideas que uno discute, citar los estudios que han servido de base para los propios). Los valores morales dan lugar a normas morales. Por ejemplo, la honradez intelectual da lugar a la norma moral que prohíbe el plagio.

El asumir este tipo de valores, y el que los miembros de un sistema científico-tecnológico los respeten razonablemente, es una condición necesaria para el funcionamiento correcto de estos sistemas, es decir, para que cumplan con sus funciones básicas de producir nuevos conocimientos, de educar a nuevas generaciones de científicos y tecnólogos, de aplicar conocimientos ya sabidos —tanto a situaciones ya conocidas como a nuevas situaciones—, de resolver problemas —ya conocidos y problemas inéditos—.

Pero además, los científicos y tecnólogos pueden enfrentar problemas éticos por el sólo hecho de obtener cierto conocimiento, accesible sólo para los miembros de la comunidad epistémica pertinente. En esto reside su autoridad como expertos, y es precisamente lo que hace que

tengan responsabilidades morales. El caso del agujero en la capa de ozono permitirá ilustrar esto.

6. Las responsabilidades morales de los científicos y tecnólogos: el caso de la destrucción de la capa de ozono

En una entrevista relativamente reciente Mario Molina, Premio Nobel de Química de 1995, explicaba cómo enfrentó lo que él califica como «un problema de Ética superior», cuando a principios de la década de 1970 él y su colega Sherwood Rowland —con quien compartió el Nobel— tuvieron la sospecha de que los clorofluorocarburos (CFC's), compuestos que se producían industrialmente y que eran ampliamente utilizados en equipos de refrigeración, de aire acondicionado y en latas de aerosol, podrían provocar la destrucción de la capa de ozono en la atmósfera terrestre⁶.

Mario Molina había dedicado una buena parte de su carrera científica a investigar en el laboratorio el modo y los mecanismos de reacción de los clorofluorocarburos ante estímulos de radiaciones electromagnéticas. En cierto momento se dio cuenta de que había estudios que indicaban que las moléculas de CFC's se estaban acumulando en la atmósfera terrestre.

Un científico inglés que había inventado un aparato para medir los CFC's en la atmósfera había observado que la concentración de estos compuestos era bajísima (partes por trillón), y había concluido «que esa acumulación no produciría ningún proceso importante porque se trataba de compuestos totalmente inertes». Ahora sabemos que esa conclusión es válida sólo con respecto a las capas inferiores de la atmósfera en las que los CFC's no logran reaccionar. Pero es errónea con respecto a las capas superiores de la atmósfera.

En su momento, Molina y Rowland se propusieron verificar o refutar esa predicción. Al estudiar el problema más a fondo llegaron a una conclusión, basada inicialmente sólo en una extrapolación de los resultados que conocían en sus estudios de laboratorio, por lo cual quedaba sólo planteada como una hipótesis que tendría que corroborarse o refutarse empíricamente. La hipótesis era que las moléculas de los clorofluorocarburos subirían sin reaccionar hasta la estratosfera, y ahí se descompondrían por la acción de los rayos ultravioleta presentes por encima de la capa de ozono, liberando el cloro que contenían. Los átomos de cloro, a su vez, atacarían a las moléculas de ozono. Aunque

la concentración de los clorfluorocarburos era pequeña, lo mismo que las cantidades liberadas de cloro (partes por billón), las condiciones en la estratosfera podrían dar lugar a un proceso catalítico, es decir, se podría iniciar una reacción en cadena, por el cual cada átomo de cloro podría destruir miles de moléculas de ozono.

La conclusión —contra la hipótesis del científico inglés— era que la capa de ozono, tan importante para preservar las condiciones en el planeta que son necesarias para la vida, estaba amenazada por la emisión hacia la atmósfera de ciertos productos industriales.

En 1974 esta idea no pasaba de ser una hipótesis basada en deducciones y en extrapolaciones hechas a partir de estudios de laboratorio. Sin embargo, para Molina y Rowland constituía una creencia que tenía bases razonables para ser aceptada, si bien no concluyentes.

Al llegar con bases razonables a la conclusión de que los CFC's estaban amenazando seriamente la capa de ozono, por ese mismo hecho Molina y Rowland enfrentaron un problema moral: ¿qué hacer, cómo era correcto actuar? Ineludiblemente tenían que elegir entre actuar en consecuencia con la creencia, iniciando acciones encaminadas a convencer a los gobiernos y a la industria del problema, o abstenerse de hacerlo, limitándose a comunicar su hipótesis a la comunidad científica, en espera de pruebas que la corroboraran o la refutaran, como aconseja la ortodoxia metodológica.

No en balde Molina y su colega consideraron al problema como de «Ética superior», no por considerar que hay una cierta Ética por encima de otras de nivel más bajo, sino simplemente porque en las circunstancias específicas en las que se encontraban, el problema —como problema moral— era más difícil de resolver, digamos comparado con el problema que se le plantea a alguien que se da cuenta de que otras personas están en peligro, y tiene que elegir entre actuar o no actuar para intentar ayudarlas.

Las dificultades aumentaban, en primer lugar, porque actuar en consecuencia significaba, por un lado, comunicar públicamente su sospecha y tratar de convencer del riesgo que implicaba la continuación de la producción y uso de los CFC's a los responsables de la toma de decisiones políticas —quienes a la vez inciden sobre permisos y prohibiciones a nivel legislativo—, para que legislaran sobre la producción de los CFC's; y, por otro lado, a las industrias responsables de los procesos técnicos de producción y uso de los CFC's, para que suspendieran o, al menos, redujeran drásticamente la producción y uso de tales artefactos, y buscaran en todo caso los sustitutos adecuados.

Pero ahí se afectaban grandes intereses económicos, entre otros de los fabricantes de aerosoles, los cuales, sin embargo, representaban un obstáculo menor en comparación con el principal productor de los CFC's, la firma Du Pont, uno de los gigantes de la industria química. Si en ese momento no se contaba con pruebas para convencer a la comunidad científica relevante, menos existía la evidencia dura que la industria exigiría para tomar decisiones que afectaban una producción en la que estaba involucrado un capital de millones de dólares.

Pero la elección era todavía más difícil porque, como *científicos*, Molina y Rowland enfrentaban el dilema entre proceder de acuerdo con los estándares metodológicos aceptados por su comunidad científico-tecnológica, y esperar a corroborar o refutar la hipótesis, o violar algunas de las normas metodológicas aceptadas, no para dar la hipótesis por corroborada, pero sí para comunicarla públicamente más allá de la comunidad científica e intentar convencer a los industriales y a los políticos.

El riesgo involucrado era enorme, pues se trataba ni más ni menos que de una amenaza a la capa de ozono, que a la vez repercutía sobre el sistema ecológico planetario. Además, el tipo de problema requería que se tomaran decisiones urgentemente. Esto se puede apreciar si se considera que la concentración de los CFC's causada por emisiones anteriores a que se tomaran medidas de control está llegando al nivel máximo apenas ahora (1998), y los CFC's pueden permanecer en la estratosfera hasta por 50 años, por lo cual su desaparición de la estratosfera, aunque se suspenda totalmente su producción, no ocurrirá antes de mediados del siglo XXI.

Molina y Rowland publicaron en 1974 el artículo con su hipótesis en la prestigiosa revista *Nature* y, al mismo tiempo, iniciaron acciones tendentes a lograr la disminución y eventualmente la prohibición de la producción de clorofluorocarburos. La evidencia que, a juicio de la comunidad científico-tecnológica, apoyó definitivamente la hipótesis no se dio hasta once años después, en 1985, pero ya antes se había comenzado a tomar algunas medidas preventivas. Después de 1985, se firmaron varios acuerdos internacionales para reducir la producción de los clorofluorocarburos, tendentes a suprimirla por completo. En 1988 la firma Du Pont acordó suspender la producción de CFC's y se negó a transferir la Tecnología a algunos países que estaban dispuestos a comprarla y a aplicarla. En 1995 Molina y Rowland recibieron el Premio Nobel de Química por sus estudios sobre este tema.

7. Responsabilidades dentro de los sistemas científico-tecnológicos: saber puede implicar una responsabilidad moral

Este caso ilustra dos cuestiones importantes: por un lado, que es factible actuar de manera responsable en una situación en la que un sistema técnico está produciendo daños, aun cuando no exista evidencia contundente para aceptar una relación causal entre la operación del sistema y los daños en cuestión, es decir, es posible aplicar el principio precautorio, a condición de que existan *bases razonables* para creer en la relación causal en cuestión. Y, por otro lado, que hay situaciones en las que los científicos y tecnólogos tienen responsabilidades morales *qua científicos y tecnólogos*.

Ese tipo de responsabilidades morales aparecen dentro de los sistemas de producción de Ciencia y Tecnología, porque en determinadas circunstancias tener ciertas creencias con bases razonables, o tener cierto un conocimiento objetivo, implica tener una responsabilidad moral y el deber de elegir entre cursos de acción posibles. Llegar a tener una creencia razonablemente fundada, o tener un conocimiento objetivo, y tener una responsabilidad moral son dos caras de una misma moneda.

Sobre cuestiones científico-técnicas, quienes primero tienen ese conocimiento son los científicos y tecnólogos, aunque después otros sectores de la Sociedad puedan tener acceso a él y adquirir entonces también una responsabilidad.

Esto muestra que *no es cierto* que en la Ciencia y la Tecnología los problemas morales se planteen siempre sólo *después* de que se han producido los conocimientos. No es cierto que los únicos problemas morales de la Tecno-ciencia los constituya el uso posterior (bueno o malo) que se haga de los conocimientos.

Para los fines de este argumento da lo mismo si el acto científico consiste en llegar a la conclusión y considerarla razonablemente fundada, pero aún no un conocimiento objetivo, o considerarla como probada más allá de toda duda razonable bajo los estándares científicos aceptados por la comunidad científica del momento. En ambos casos el acto que lleva consigo la responsabilidad moral consiste en aceptar la conclusión, ya sea como una creencia con una probabilidad media, o como un conocimiento objetivo. En el primer caso, llegar a la conclusión con bases razonables, por ejemplo por inferencias a partir de estudios de laboratorio, es un acto científico sin duda alguna. Se trata de un ejercicio racional, tanto como la aceptación de la conclusión como conocimiento probado cuando existe evidencia concluyente.

La responsabilidad se produce en virtud del contenido mismo de ese conocimiento o de esa creencia razonablemente fundada, y por las circunstancias en las que se obtiene el conocimiento o la creencia. La tesis no es que al llegar a tener cualquier creencia en cualquier circunstancia se adquiere *ipso facto* una responsabilidad. La tesis es sólo que determinadas creencias, en ciertas circunstancias, implican esa responsabilidad. En nuestro ejemplo, la creencia era que los CFC's estarían destruyendo la capa de ozono, y un aspecto muy importante de la circunstancia era que los CFC's son artefactos industriales, es decir, componentes de sistemas técnicos; producirlos, o dejar de hacerlo, depende de decisiones humanas.

En la situación de Molina y Rowland, el hecho de que la conclusión estuviera inicialmente sólo *razonablemente fundada*, y no apoyada por razones objetivamente suficientes, es decir, que no fuera todavía un conocimiento objetivo, añadía un problema más, a saber, el dilema entre actuar como *científicos* conforme a los cánones establecidos por la comunidad científico-tecnológica, lo que significaba esperar hasta tener evidencia contundente antes de dar la voz de alarma (que al analizar el tema retrospectivamente sabemos que llegó once años después), o violentar esos cánones y empezar a actuar para alertar al mundo del riesgo y de la urgencia de tomar medidas.

Esta última disyuntiva es la que hizo a Molina considerar que el dilema era de proporciones mayores, pues lo colocaba en una encrucijada en tanto que científico, ya que actuar de inmediato implicaba actuar a sabiendas que no estaba satisfaciendo todos los requisitos metodológicos que él mismo aceptaba como miembro de su comunidad científica.

Pero el problema todavía era más complicado porque se afectaban muy importantes intereses económicos. Las industrias no tomarían ninguna decisión sin contar con evidencia contundente, bajo los estándares aceptados por esas industrias.

El tener que enfrentar estos intereses, y mover resortes políticos de importancia, requiere del respaldo de la Ciencia y de la comunidad científica, en tanto que éstas desempeñan un papel de autoridades en materia de saber. *Esta es la responsabilidad* de la Ciencia como tal, y de los científicos como autoridades en sus materias.

Desde el punto de vista de la tradición que se ha dado en llamar «heredada» en la Filosofía de la Ciencia, según la cual los valores morales y el problema de la responsabilidad moral con respecto al conocimiento científico son externos a los sistemas científicos —entendiéndolos como los sistemas dentro de los cuales se produce y se justifica el conocimiento— se opinaría que, en efecto, la responsabilidad moral

de Molina vendría después de *saber* que los CFC's estaban causando el agujero en la capa de ozono. Esa responsabilidad moral, como él bien la entendió, sería la de convencer a políticos e industriales de que la operación de los sistemas técnicos de producción y consumo de los CFC's estaba causando un daño serio a la atmósfera terrestre.

Pero esa responsabilidad moral la tendría cualquiera que tuviera acceso a ese conocimiento, una vez que fuera aceptado como tal, de acuerdo con los estándares científicos del momento. Indudablemente el conocimiento científico es importante para orientar cursos de acción responsables, al dejar claro que hay relaciones causales entre determinados fenómenos: si hay evidencia concluyente de que cierto producto industrial está dañando la atmósfera, entonces lo moralmente correcto es detener la producción y el uso de ese producto.

El problema puede generalizarse de la siguiente manera: un sujeto S se *da cuenta* de que X, sustancia que se arroja a la atmósfera, es perjudicial para ésta; los daños atmosféricos que causa X a la vez perjudican a los seres humanos y ponen en riesgo la vida de la Humanidad entera. Entonces S actúa correctamente desde un punto de vista moral, si advierte a la gente, a los medios de comunicación y a quienes tienen que tomar decisiones pertinentes para remediar la situación: industriales, tecnólogos y políticos.

Pero distintas circunstancias pueden hacer una diferencia importante: no es lo mismo si S es un vecino que se *da cuenta* de que se ha reventado la tubería de mi casa, y actúa en consecuencia advirtiéndomelo, con lo cual me permite actuar, digamos cerrando las válvulas y reparando el daño, para así evitar males mayores a mi propiedad, a la de él, y tal vez a todo el vecindario, que si S es un *científico* que se *da cuenta* de que ciertos productos industriales están provocando un daño al medio ambiente. ¿Por qué la diferencia?

Porque en el caso del vecino «darse cuenta» equivale a «saber». Lo que hace que el vecino se de cuenta de que se ha roto la tubería de mi casa serán las razones para creerlo. Tal vez él haya visto personalmente el agua saliendo por las tuberías, o quizá se lo haya dicho alguien en quien confía, pero en todo caso podrá comprobar personalmente la noticia con facilidad.

En el terreno científico, en cambio, «darse cuenta» *no* equivale a «saber». Molina y Rowland se «dieron cuenta» de que los CFC's estarían provocando la destrucción de la capa de ozono, tenían una base razonable, pero no lo «sabían», no tenían razones objetivamente suficientes, no tenía la justificación requerida por la comunidad científica para considerarlo un conocimiento objetivo.

Por eso es que el problema adquirió una dimensión mayor para ellos, precisamente porque eran científicos conscientes de los requisitos metodológicos que su comunidad exige para aceptar ciertas creencias como conocimiento científico.

El análisis tradicional propondría que, en efecto, hubo un cambio de dimensión del problema moral, de lo que podríamos llamar uno ordinario a uno «de Ética mayor», como lo percibió el propio Molina, por el hecho de que él y Rowland desempeñaban un doble papel: por un lado, el de científicos y, por otra parte, el de ciudadanos responsables.

Para el ciudadano responsable *darse cuenta* es, por ejemplo, recibir información fidedigna por parte de los expertos. Pero Molina y Rowland formaban parte de los expertos. El problema desde el punto de vista del análisis tradicional es que no ofrece ningún criterio para decidir qué papel debe tener prioridad, el de expertos o el de ciudadanos reponsables.

Para el análisis tradicional, Molina en efecto enfrentó un dilema, planteado por la contradicción entre deberes de diferente orden: su deber como científico (no aceptar una creencia mientras no tuviera la evidencia adecuada según los métodos prevalecientes, es decir, asegurarse de que había razones objetivamente suficientes para la creencia en cuestión), que no es un deber moral sino epistemológico, y su deber como ciudadano, como él dice, como habitante del planeta, que se percató de que había una amenaza a la Humanidad causada por ciertos productos industriales, y que, por consiguiente, debía actuar para tratar de impedir que se siguiera haciendo el daño.

La responsabilidad de los científicos en tanto que *científicos* —continuaría el análisis tradicional— estaría limitada a establecer más allá de dudas razonables la existencia de relaciones causales entre los CFC's y la producción del agujero en la capa de ozono. A partir de ahí, cómo y por qué actuar, ciertamente puede ser un importante problema moral y político, el cual el científico puede plantearse, pero entonces no actúa ya como científico, sino como ciudadano, o como político.

Sin embargo, el análisis tradicional podría resolver el dilema y justificar a Molina y a Rowland concediendo que antes que el deber metodológico del científico debe prevalecer el deber moral del ciudadano. En tal caso, Molina y Rowland quedarían justificados por haber actuado primero como sujetos morales al comunicar su descubrimiento públicamente más allá de la comunidad científica, en vez de limitarse a plantear su sospecha ante esa comunidad sólo a la manera de una hipótesis. Esto no significa que olvidaran su deber como científicos,

ni el análisis tradicional sugeriría eso, pues sus investigaciones continuaron de la manera más rigurosa. Más bien significaría que había razones para relegar a un segundo orden ese deber y actuar fuera de la esfera puramente científico-técnica, iniciando un movimiento de opinión pública y a nivel de los gobiernos para abordar el problema y proponer soluciones que convenía tomar antes que después.

En contraste con este análisis que he llamado «tradicional», el punto de vista que he defendido aquí afirma que no se trata de un conflicto de deberes de distinto orden, uno de tipo epistemológico dentro del campo científico, y otro moral externo a ese campo. De acuerdo a lo que hemos examinado, en el momento en que Molina y Rowland llegaron a la conclusión de que había razones para creer que los CFC's dañaban la capa de ozono, por el acto mismo de tener la creencia, por el contenido de ella y por el riesgo de lo que señalaba, por ese mismo acto adquirieron una responsabilidad moral *como científicos*. El problema moral se planteó *dentro* del sistema científico-tecnológico, no como algo externo a él.

Molina y Rowland actuaron correctamente, éticamente hablando, no porque antepusieran un deber como ciudadanos antes que el deber como científicos, sino porque al llegar a obtener la creencia, aunque fuera sólo razonablemente fundada, habían adquirido *ipso facto* una responsabilidad moral *como científicos*. Al decidir actuar y dar la voz de alarma más allá de la comunidad científica, actuaron de manera moralmente correcta *como científicos*.

8. Conclusión: deberes para los tecnólogos, los humanistas, las instituciones y los ciudadanos

El eje central de los sistemas técnicos son los seres humanos como agentes con voluntad, que pueden proponerse fines y metas y tratar de alcanzarlos, que pueden hacer evaluaciones, tanto de sus propios fines y metas como de los costos de la obtención de sus fines.

Los seres humanos y las instituciones que forman parte del sistema científico-tecnológico, el de producción de Tecnología, en tanto que producen conocimientos y técnicas, tienen inevitablemente responsabilidades morales, *qua* científicos y *qua* instituciones que promueven las actividades científico-tecnológicas, porque el conocimiento, en determinadas circunstancias, implica esas responsabilidades.

Lejos de ser lo más deseable la crítica estéril a la Ciencia y a la Tecnología, la actitud más responsable es conocer mejor sus procedi-

mientos y sus limitaciones, y participar en la decisión de adopción de Tecnologías y de medidas tecnológicas.

Los Estados, las empresas y las instituciones educativas tienen responsabilidades para promover un mejor conocimiento del sistema científico-tecnológico, así como de lo que se sabe y de lo que no se sabe al desarrollar y aplicar sistemas técnicos específicos.

Ante Tecnologías concretas que afectan a personas, a comunidades y al medio ambiente, debe promoverse el debate, buscando puntos de encuentro y coincidencias entre las diversas partes interesadas. El público en general y no sólo los expertos deben tener acceso a tales debates. Pero para que esto sea posible debe hacerse un gran esfuerzo educativo. En la Sociedad actual, los mayores obstáculos provienen de tres tipos de analfabetismo: analfabetismo en sentido estricto, analfabetismo científico y tecnológico, y analfabetismo humanístico.

El más urgente de remediar en los países del Tercer mundo es el primero, pues ni qué pensar en una alfabetización científica y tecnológica y en otra humanística, si no se termina con el analfabetismo a secas. Pero en todo el mundo los niveles de analfabetismo científico y tecnológico son alarmantes. Y más alarmante aún es el analfabetismo humanístico, particularmente en los medios científicos y tecnológicos, tanto en instituciones educativas como en partes del sistema productivo, la industria y del Estado.

De lo anterior podemos concluir que existen los siguientes deberes:

Los tecnólogos deben ser conscientes de la necesidad de evaluar las Tecnologías que diseñan y aplican, no sólo en términos de eficiencia (adecuación de los medios a los fines determinados), sino hasta donde sea posible en términos de las consecuencias en los sistemas naturales y sociales que serán impactados por las Tecnologías. Como nunca se podrán conocer todas las consecuencias, los tecnólogos deben ser claros ante el público acerca de qué se sabe y qué no se sabe al respecto. Pero, además, los tecnólogos deben tener conciencia de la necesidad de evaluar los fines que se proponen alcanzar con una Tecnología específica, y deben estar en condiciones de sostener racionalmente por qué es correcto obtener esos fines, así como por qué es válido usar los medios que se ponen en juego. Los fines a obtener en muchas ocasiones afectan o están ligados a estilos de vida. Por eso también los tecnólogos deberían estar en condiciones de explicar por qué son lícitos los estilos de vida que van asociados con las Tecnologías que producen y aplican, o por qué se puede permitir afectar ciertos estilos de vida. Estas son discusiones humanísticas y para enfrentarlas adecuadamente se requiere combatir el generalizado analfabetismo hu-

manístico entre los tecnólogos, y eso debe hacerse desde la raíz, en su formación.

Las instituciones educativas encargadas de la formación de tecnólogos deben reforzar el trabajo educativo para combatir la ignorancia humanística entre científicos y tecnólogos.

Por su parte, los humanistas deben informarse adecuadamente sobre la naturaleza de la Ciencia y de la Tecnología, para estar en condiciones de ofrecer reflexiones apropiadas sobre la importancia y el valor de la Ciencia y de la Tecnología, de sus ventajas y de sus riesgos, y de los problemas éticos que plantean.

El público en general también tiene responsabilidades en la evaluación externa de las Tecnologías y en su aceptación y propagación. La opinión pública debe informarse sobre la naturaleza de la Ciencia y de la Tecnología, y acerca de qué se sabe y qué no con respecto a las consecuencias de la operación de sistemas técnicos específicos que afectará sus vidas y su entorno, y participar activamente —junto con los expertos— en los debates que decidan el destino de esos sistemas, pues finalmente lo único que justifica la existencia y el desarrollo de la Tecnología es su contribución al bienestar de los seres humanos, permitiendo una explotación racional del medio ambiente, y un aprovechamiento moralmente aceptable de los sistemas sociales.

Notas

¹ Esta exposición se basa en los trabajos de QUINTANILLA, M. A., «Educación moral y tecnológica», en OLIVÉ, L. y VILLORO, L. (eds), *Filosofía Moral, Educación e Historia. Homenaje a Fernando Salmerón*, UNAM, México, 1996, pp. 315-332; y QUINTANILLA, M. A., *Tecnología: un enfoque filosófico*, Fundesco, Madrid, 1989.

² Sobre esta noción, véase VILLORO, L., *Creer, Saber, Conocer*, Siglo XXI, México, 1982, p. 137. Más adelante regresaremos sobre ella.

³ Cfr. AGAZZI, E., *El bien, el mal y la Ciencia, Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, Tecnos, Madrid, 1996.

⁴ Cfr. VILLORO, L., *Creer, Saber, Conocer*, Siglo XXI, México, 1982, pp. 137-138.

⁵ Cfr. VILLORO, L., *Op. cit.*, p. 147.

⁶ La entrevista a la que me refiero fue realizada por un industrial y, a la vez, miembro de la Academia Mexicana de Ingeniería, Leopoldo Rodríguez, a quien agradezco que me haya facilitado la entrevista junto con otros materiales sobre este episodio de la Historia reciente de las Ciencias Químicas.