

Tecnociencia, sociedad y valores

Luis Alberto Tarazona Sepúlveda*

Resumen

Hoy en día, cada vez con más intensidad va siendo casi imposible no reconocer la estrecha interrelación que existe entre 'la Ciencia y la Tecnología'. Las fronteras entre el conocimiento científico y la tecnología parecen confundirse cada vez más, incluso han dado origen a un híbrido conocido como tecnociencia. Esta situación la reconocemos como una característica actual de la ciencia y la tecnología. Este escrito explora con cierta profundidad esta característica y destaca el surgimiento de los riesgos producto de los efectos no-intencionales, así como de la irreductibilidad de la incertidumbre y de la inevitable indeterminación en la gestión de los procesos involucrados y de sus consecuencias. Pero todo esto se hace visible al resaltar que la misma acción tecnocientífica por la que se crean los artefactos o instrumentos o métodos o procesos para operar sobre la realidad no se produce de manera casual o fortuita, muy por el contrario, es el resultado de una acción deliberada e intencional de agentes concretos fundamentada en conocimientos científicos y tecnológicos dentro de un marco de creencias, intereses y valores, y no segregable del entramado social y cultural en que se desarrolla o se incorpora, ni ajena a las fuerzas, factores y circunstancias sociales.

Palabras clave: Tecnología, ciencia, tecnociencia, riesgo, sistema, valores, pluralismo, responsabilidad, racionalidad, incertidumbre, indeterminación, consecuencias, intenciones, pertinencia, contexto, necesidades, participación, alfabetización científica-tecnológica.

Abstract

At present, it is almost impossible not to recognize the close relation between "Science and Technology". The frontiers between scientific knowledge and technology seem to disappear, even originating a hybrid known as technoscience. This situation is recognized as a present characteristic of Science and Technology. This paper explore in deep this characteristic and highlights the arising of risks as a product of non intentional effects, as well as of the irreducibility of uncertainty and the inevitable indetermination in the management of involved processes and their consequences. But all this becomes visible when highlighting that the same techno scientific action that creates artifacts or instruments or methods or processes to operate on the reality is not produced as casual or hazardous way, but on the contrary it is the result of a deliberated and intentional action of concrete agents based on scientific and technological knowledge within a framework of beliefs, interests and values. It is not separable from the social and cultural environment in which it

Fecha de recepción: 5 de agosto de 2003
Fecha de aceptación: 10 de noviembre de 2003

*Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Norte. Ingeniero Mecánico, UIS; Magíster en Administración de Empresas, Universidad del Norte; Estudios a nivel de doctorado en Filosofía, Ciencia, Tecnología y Sociedad, Universidad del País Vasco (España).
ltarazona@uminorte.edu.co

develops or is incorporated. It is not detached from the social forces, factors and circumstances either.

Key words: Technology, Science, technoscience, risk, system, values, pluralism, responsibility, rationality, uncertainty, indetermination, consequences, intentions, pertinence, context, necessities, participation, scientific-technological

1. EL NÚCLEO PROBLEMÁTICO

En la época actual, la época de la técnica, lo característico es que el desarrollo tecnológico es cada vez más rápido, más acelerado, y ha adoptado un carácter cada vez más sistemático, y es cada vez más consciente. Es muy difícil no observar en estos caracteres el efecto de la relación estrecha que se ha establecido, especialmente en los últimos dos siglos –XIX/XX–, entre la ciencia y la tecnología. Además, esta relación es tanto más visible cuanto más afecta a las formas más avanzadas de tecnología. También es interesante constatar que al comienzo las teorías científicas seguían a las innovaciones técnicas (máquina de vapor), mientras que últimamente la teoría precede a las realizaciones técnicas (energía atómica). Parece pues que la interacción estrecha con la ciencia es una característica específica de la tecnología moderna. Lo significativo entonces es reconocer que la actividad tecnológica contemporánea se encuentra vinculada a la práctica científica por sus conexiones profundas.

Pero aun más, la ciencia, la tecnología y la industria parecen formar ya un entramado que sólo para efectos meramente académicos tiene sentido dividir como formas culturales. Es así que en los actuales momentos nuestro mundo y nuestras vidas han sido invadidos por la tecnología, por productos, procesos y lenguajes tecnológicos. En estas circunstancias, casi cualquier relación, con los demás o incluso con nosotros mismos, se encuentra ya mediada por la tecnología; es claro, en cuanto que no necesita demasiada argumentación, que en el momento actual la tecnología ha invadido, y lo hará cada vez con más intensidad, todos los espacios de la vida¹. Así que estamos lanzados hoy día a aprender a conocer y a actuar a través de la tecnología, pues ella, cada vez más, representa no sólo un peculiar modo de actuar sino también de conocer la realidad. En esta última peculiaridad, y no sólo en el conocimiento científico que incorpora, descansa

¹ Con relación a este juicio Agazzi dice lo siguiente: «Debemos reconocer que hoy el ambiente del hombre está constituido por el mundo tecnológico. Por ello, como ya se ha insistido, toda propuesta "ecologista" que propugne una vuelta a un estado de naturaleza es profundamente errada, en la medida en que no reconoce que el verdadero "ecosistema" del hombre, es decir, aquel *en el que* no sólo vive sino *del que vive*, es el mundo tecnológico, respecto del cual no es posible volver atrás (...). Como máximo se podrá proponer *modificar* este ecosistema, y ésa es una propuesta razonable aunque difícil de realizar» (Agazzi, 1a).

gran parte del valor actual de la tecnología. Es decir, particularmente su valor para orientar nuestro conocimiento y nuestra acción (Liz, 10).

De otra parte, es un hecho constatado desde aquellos siglos galileanos –XVI/ XVII– la consideración que la ciencia forma parte de la cultura. Un poco más tarde –XVIII– los enciclopedistas añadieron la técnica, y desde el siglo XIX, pero con más fuerza en el XX, se comprende que la ciencia y la técnica constituyen el núcleo mismo de la cultura moderna y su componente más dinámico. Hoy se conoce que el impacto de la ciencia sobre la cosmovisión ha sido espectacular, pero su influencia indirecta, a través de la técnica y de la industria, sobre la vida diaria ha sido aun mayor. La civilización se ha tornado tan vulnerable como potente debido a su dependencia respecto de la técnica basada sobre la ciencia. Por eso, sería un desatino planear el desarrollo, que incluye la modernización al menos en algunos aspectos, sin asignarles puestos sobresalientes a la ciencia y a la técnica. En otras palabras, toda planificación razonable de desarrollo debe abrir espacio a un plan de creación o fortalecimiento del sistema científico-técnico (Bunge, 3).

Ahora bien, no es ninguna verdad nueva afirmar que la ciencia moderna se haya vuelto inseparable de la acción sobre la naturaleza y la sociedad; por esta razón, no es nada extraño que actualmente se considere al conocimiento científico y tecnológico como el factor principal de la producción y el cambio social. En otras palabras, se estima que el nivel de desarrollo de un país se encuentra en relación funcional con la propia capacidad científica y tecnológica, desembocando de esta manera en lo que se ha denominado la sociedad del conocimiento, consecuencia sobre todo de los logros alcanzados por la investigación científica y tecnológica. Pero en este proceso social de desarrollo con basamento en la ciencia y la tecnología ha emergido la concienciación progresiva del peligro, de los riesgos del proceso mismo, originado fuertemente por los efectos y consecuencias negativas, desastrosas y catastróficas contra la salud y la naturaleza de los propios sistemas tecnocientíficos, que supuestamente nos conducirían a una excelsa calidad de vida y bienestar social. Como diría Beck², *«en la modernidad avanzada, la producción social de riqueza va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos. Por lo que los problemas y conflictos de reparto de la sociedad de la carencia son sustituidos por los problemas y conflictos que surgen de la producción, definición y reparto de los riesgos producidos de manera científica-técnica»*. Es decir, si aceptamos este contexto, entonces la nota esencial de la sociedad actual no es caracterizarla como sociedad del conocimiento sino más bien, según Beck, como sociedad del riesgo, como una sociedad que es afectada por un tipo de riesgo

² Citado por García (6). Todas las citas de Beck fueron extraídas de esta fuente.

creado por el impacto mismo de los conocimientos crecientes que se tiene sobre el mundo. Este riesgo se refiere, desde luego, a situaciones en que los hombres tenemos muy poca experiencia histórica para afrontarlos. En su mayoría de veces están directamente influidos por la globalización galopante (Giddens, 7).

Notas características de esta sociedad serían:

- *Los peligros generados por el proceso de industrialización se globalizan y distribuyen indiscriminadamente.* Es decir, los riesgos son consecuencia del mismo proceso de industrialización condicionado por los sistemas científico-técnicos, su distribución es caótica e imprevisible, muy pocos de ellos, especialmente de los novedosos, al decir de Giddens (7), respetan las fronteras de las naciones. Beck expresa: «*Los riesgos y peligros de hoy se diferencian esencialmente de los de la Edad Media por la globalidad de su amenaza y por sus causas modernas. Son riesgos de la modernización*». Este tipo de riesgo y peligro, al decir de Beck, no discrimina entre ricos y pobres, blancos (amarillos) y negros, este y oeste, sur y norte. Es decir, se distribuyen democráticamente, equitativamente. Incluso, quienes los producen o se benefician de los procesos que los generan también terminan siendo afectados por ellos. Nadie está seguro frente a ellos.
- *Carácter inevitable del riesgo.* En otras palabras, no hay manera de escapar al peligro. Al decir de Rescher³, «*en las acciones humanas nunca se trata de aceptar o no un riesgo, sino más bien de aceptar este riesgo o aquel otro*». Es decir, el asunto es de elección, y en toda elección se enfrenta el riesgo, pues los procesos de alguna manera no son totalmente determinísticos. Según Giddens (7), «*no puede considerarse la posibilidad de tomar una actitud meramente negativa hacia el riesgo, éste tiene que ser dominado, pero la adopción activa de riesgos es elemento esencial de una economía dinámica y de una sociedad innovadora*».
- *Sociedad con visión futurista.* Es decir, siguiendo a García (6), los riesgos no se agotan en efectos y consecuencias que ya han ocurrido, sino que contienen esencialmente un componente futuro, la fuerza del riesgo radica básicamente en la proyección de amenaza para el futuro, sea éste cercano (generación presente) o lejano (generaciones futuras). En este sentido, entonces el asunto del riesgo se relaciona fundamentalmente con la previsión, con daños y catástrofes que aún no han tenido lugar, pero que son inminentes, están larvadas, y justamente por eso se deben considerar, puesto que generan desconfianza y preocupación en la sociedad. De otra parte y siguiendo a Giddens (7) se puede decir que los riesgos son peligros que se analizan activamente en relación con posibilidades futuras, los cuales alcanzan un uso

³ Citado por Patricia García Menéndez (6).

extendido en sociedades volcadas hacia el futuro, como es el caso de las sociedades capitalistas modernas. Por ende, la idea de riesgo supone una sociedad que trata activamente de romper con el pasado, que es, en efecto, la característica esencial de la civilización industrial moderna.

- *Déficit cognitivo del público.* A menudo los prejuicios sobre la salud y sobre la naturaleza se han debatido circunscribiéndose al exclusivo grupo de expertos, y se han llevado a cabo estos debates con las categorías propias, modelos y discurso de las ciencias naturales y las matemáticas⁴, pero, además, velando la dimensión social y cultural de estos prejuicios. De esta manera, en las discusiones y los análisis no se tiene en cuenta la percepción y opinión de los que sufren los efectos directos e indirectos de dichos impactos, ni de los consumidores o usuarios, así como de los no-expertos con experiencias análogas a la que se debate. En estas circunstancias, el no-experto es relegado porque, al decir de los expertos, 'supuestamente' carece de la información y de los conocimientos necesarios sobre la problemática, esto es, es ignorante en lo que respecta a la temática en cuestión. Con palabras de Beck, «en las discusiones sobre el riesgo queda clara la fractura entre la racionalidad científica y la racionalidad social en el trato con los potenciales civilizatorios de peligro. Se habla sin escuchar al otro». Por otro lado, incluir al no-experto es visto como interferencia en el proceso, pues la resistencia social se debe fundamentalmente a un déficit cognitivo por parte del público ante los procesos mismos científico-tecnológicos. Según Wynne⁵, se establece de este modo una dicotomía⁶ entre la cultura de los científicos e ingenieros y la cultura del público afectado, consumidor, interesado, es decir, entre la cultura del experto y la del no-experto, el cual —el no-experto— «se guía por un conjunto de experiencias y concepciones del mundo con un carácter más flexible, informal, variable y no susceptibles de sujetarse a un criterio formal, universal y cuantitativo» (García, 6).
- *Proceso de desmitificación.* Los graves daños, catastróficos daños acaecidos después de la mitad del recién fenecido siglo XX, han provocado que emerja una concienciación acerca de los riesgos y peligros de los procesos de industrialización en la modernización. Esto ha generado una resistencia social contra la racionalidad científico-tecnológica, y se ha generado lenta pero progresivamente una desmitificación de la ciencia y la tecnología en la medida que esa concienciación ha ido creciendo. Es decir, «la historia de la concienciación y del reconocimiento social de los riesgos coincide con la historia de la

⁴ Usualmente las decisiones se toman de acuerdo con el modelo matemático de toma de decisiones.

⁵ Citado por Patricia García Menéndez (6).

⁶ A la manera en que Show había planteado la dicotomía entre la cultura científica y la cultura humanística.

desmitificación de la ciencia-tecnología» (García, 6). Este proceso desmitificador se manifiesta en el rechazo al reduccionismo cuantitativista en los análisis y en los procesos de toma de decisiones por parte de los expertos tradicionales, a la vez que clama porque se tenga en cuenta la complejidad de la realidad, porque se incluyan imperiosamente en los análisis y toma de decisiones consideraciones de orden social, psicológico, ético, cultural, así como la apertura a la voz de los diferentes agentes sociales y culturales, especialmente los afectados, directa e indirectamente, los consumidores, los usuarios, los interesados, entre otros.

Sin embargo, valga comentar, para nosotros, en los países de América latina esta situación es bien problemática, pues sabemos que, no obstante esta realidad, en nuestros países, los del Tercer Mundo, el desarrollo científico y tecnológico es más bien reducido, además se lleva a cabo de una manera poco integral, puesto que sus resultados no se apropian adecuadamente ni se endogenizan debidamente crítica y efectivamente en el mismo desarrollo social y en el bienestar de los habitantes. Es así que la realidad social en que vivimos muestra la peligrosa dualidad de los grandes avances de la tecnología traídos a nuestros países, e imprescindibles para producir el bienestar que necesita la sociedad entera y, por otro lado, el estado de pobreza e ignorancia de la mayoría de la población.

Es decir, el conocimiento científico-tecnológico en los países del Tercer Mundo presenta una doble faz opuesta: por una se muestra como un factor indispensable para el desarrollo, pero por la otra como una fuente de nuevas desigualdades, puesto que al tiempo que este conocimiento se transforma en un factor decisivo para la producción de bienestar, simultáneamente la distribución de él se torna desigual. En este sentido es que se suele afirmar que en la actualidad no es solamente la inaccesibilidad a los bienes lo que distingue a los pobres de los ricos (sean personas, regiones o países) sino también al conocimiento. Ese sería un punto importante para destacar en nuestra problemática, la doble inequidad, esto es, en cuanto a la distribución de los bienes y servicios (riqueza) y a la distribución del conocimiento (científico-tecnológico). Pero, por otra parte, los riesgos derivados del proceso de industrialización mundial, tal como se planteó antes, adquieren la connotación de peligros globalizados y de carácter inevitables, esto es, las consecuencias nocivas y dañinas (salud, ambiente, entre otras) se distribuyen supranacionalmente, mundialmente, y afectan no sólo a una única región, sino en general a la gran mayoría de los que habitamos el planeta Tierra y, por qué no, a todo el planeta como tal. Por consiguiente, en nuestros países al mismo tiempo que los riesgos se globalizan, la distribución de la riqueza y la distribución del conocimiento científico-tecnológico es inequitativa. Es por eso que el análisis de la sociedad del conocimiento, y en especial del riesgo a la luz de las desigualdades sociales, presenta hoy un interés especial. Por ejemplo, si se toma la pregunta formulada por Mary Douglas y Aaron Wildavsky, citada por

García (6), «¿de qué tiene miedo la gente?», y se examina la respuesta que dieron: «de nada realmente, excepto de los alimentos que comen, el agua que beben, el aire que respiran, la tierra sobre la que viven y la energía que usan...»⁷, y se trata de responder desde el contexto crítico de buena parte del Tercer Mundo en general, de seguro que podría ser de esta forma: sí, tienen miedo realmente de nada, excepto de sobrevivir ante la miseria y abandono, por ello están dispuestos a comer alimentos, beber agua, respirar aire con cierto grado de contaminación..., pues las opciones de vida digna y bienestar son mínimas. Todo esto conlleva a plantear muy claramente que el asunto del riesgo, así como de la evaluación y gestión de la ciencia y la tecnología, tiene que contextualizarse; no sólo es examinar las consecuencias, ni los condicionamientos, sino la idoneidad de esos mismos procesos. Al decir de Luján y López Cerezo, «ahora los científicos sociales nos dicen que en las controversias sobre riesgos concretos subyacen controversias más básicas sobre que es una sociedad justa o que es una vida digna. Ulrich Beck afirma que la preocupación pública por los riesgos ha hecho que aquello que hasta el momento se había considerado apolítico se torne político: el proceso mismo de industrialización». En síntesis, la tecnología moderna, que nace de la revolución científica y de la Revolución Industrial, determina nuevos ámbitos de realidad en los que las nociones de control, de reglas de acción eficaz y de racionalidad adquieren nuevos sentidos en la medida en que se aplican a grandes sistemas en los que la cooperación de los agentes, el control de resultados y la eficacia determinan una manera nueva y no sólo distinta de relacionarse el hombre con su entorno. Por tanto, tenemos que aceptar que la tecnología es ya el principal determinante de nuestra relación práctica y cognoscitiva con el mundo. En este sentido, se hace necesario y urgente nuevos instrumentos conceptuales para pensar la tecnología (Broncano, 5a). Pero el asunto no puede quedar sólo en el plano cognoscitivo, pues caeríamos en considerar a la ciencia y la tecnología como procesos desvinculados con la realidad social, cultural, política, económica, moral, es decir, con los otros subsistemas de la realidad, sea la que sea. En los últimos tiempos es cada vez más claro que lo más fecundo en ciencia y tecnología es pensar en términos de interacciones entre sus prácticas y el conjunto de las relaciones sociales (Arocena & Sutz, 2). En efecto, la tecnociencia, y la tecnología en particular, no se desarrolla con autonomía absoluta respecto a fuerzas y factores sociales, y además no es separable del sociosistema en que se integra y sobre la que actúa. Los sistemas científico-tecnológicos forman parte integral de su sociosistema, contribuyen a conformarlo y son conformados por éste. Desde este punto de vista, estos sistemas no pueden ser gestionados y evaluados independientemente del sociosistema donde se produce y se sufre sus consecuencias y efectos (González, López & Luján, 8). En concreto, hoy día resulta inviable y no pertinente pensar, discutir, gestionar, hacer y evaluar ciencia y tecnología sin examinar sus

⁷ Respuesta que al decir de Patricia García Menéndez (6) es muy irónica y realista.

interacciones dinámicas, sus relaciones de constitución recíprocas con las sociedades donde se desarrollan (Núñez, 12).

Pero, además, siguiendo a Medina (11b), la concepción tradicional de la ciencia y la tecnología no sólo ha servido para justificar el propio desarrollo tecnocientífico como un proceso autónomo e incontenible conforme a la visión del determinismo tecnológico, es decir, visión lineal del desarrollo que se basa en la linealidad determinística de «más ciencia, más tecnología, más riqueza, más bienestar»⁸, sino que también ha servido para legitimar el modelo de intervención y gestión tecnocientífica como paradigma de la eficiencia y de la acción racional por excelencia y, por ende, de una evaluación de la tecnociencia desde la óptica de los expertos y según criterios internalistas del mismo sistema científico-técnico. Cuando lo que debería darse es un debate ampliado, diálogo participativo y constructivo, aprovechando la percepción inmediata y el conocimiento experiencial específico del no-experto para que aporte en el proceso constructivamente. Pero, obviamente, para que esto sea posible, en principio, han de darse algunos pasos relevantes, tales como:

- (a) Los expertos han de limitar sus actitudes arrogantes y de suficiencia, y permitir el ingreso del público no-experto,
- (b) Diseñarse los mecanismos y medios adecuados para mejorar la educación científica-tecnológica de los no-expertos y posibilitar su participación como otro importante, y
- (c) Crearse los mecanismos institucionales adecuados para canalizar la participación del público.

De esta manera se puede expandir la comunidad de evaluadores, puesto que el nivel de riesgo aceptable no depende exclusivamente de los resultados de un análisis y cálculo probabilístico adelantado por los expertos, sino también de lo que se considere social y culturalmente aceptable. Así que el no-experto y el contexto son variables y factores muy importantes en un proceso de evaluación de los sistemas científico-tecnológicos. Según Luján y López, citados por García (6), «*estamos ante una noción que tiene una importante dimensión social y valorativa*».

⁸ Desde esta perspectiva, siguiendo a Winner (15), la tecnología se ve como mera ciencia aplicada o como la marcha del progreso. En ese sentido es bien marcada la opinión de que el cambio tecnológico sigue un camino bastante lineal y único, que el cambio técnico es un tipo de fuerza determinante y unívoca, con un momento y unos resultados altamente predecibles. Es decir, la tecnología (sea como sea el modo en que se definiera) tiene ciertas cualidades esenciales, entre las que se podrían enumerar un tipo particular de racionalidad y un tipo de ímpetu histórico y de cualidades no negociables que hacen bastante menos potentes otros tipos de influencias sociales y culturales sobre la vida social.

2. APUNTES SOBRE LA TECNOCIENCIA CONTEMPORÁNEA

Es común decir que la ciencia actual despunta en los albores de la modernidad y se desarrolló en vínculo estrecho con la experimentación, con la matematización, y en conexión con el desarrollo de la técnica, de los instrumentos y las máquinas. En este proceso la técnica misma se va transformando en tecnología al entroncarse cada vez más con la ciencia, y ésta se va haciendo a su vez operativa, como bien lo plantea Javier Echeverría (5a): *«La teoría por sí sola es insuficiente, como también lo es la experimentación. Sólo en la medida en que aparezca una tercera componente en la actividad científica (el cálculo, o ... los modelos matemáticamente), la ciencia puede revelarse fecunda»*. Más adelante expresa: *«Como puede verse (la ciencia), responde plenamente al ideal baconiano de una ciencia que, siendo a la vez especulativa y experimental, es capaz de pasar por las mediciones de los instrumentos (matemáticos, observacionales, de medida, etc.) y gracias a ellos es capaz de intervenir en la naturaleza, produciendo nuevos fenómenos que nos permitan conocerla mejor, por una parte, pero sobre todo transformarla»*. Pues bien, a lo largo de varios siglos, más o menos tres, hemos llegado en nuestros días a constatar que toda nuestra vida contemporánea cada vez está más impregnada de matemáticas, de precisión, de exactitud, de metrización; en este sentido, los actos cotidianos y las construcciones de los hombres así lo delatan. En síntesis, se puede decir que al menos desde Bacon la ciencia es promesa, promesa de creación de lo que el hombre necesita para vivir (Núñez, 12). La razón tecnocientífica, es decir, la búsqueda de un conocimiento verdadero que nos provee de los recursos para transformar prácticamente la naturaleza en nuestro provecho, es un dato cultural esencial de la modernidad. Si esto es así, entonces lo que interesa estudiar, aunque sea brevemente, es la evaluación de las actividades científicas y tecnológicas. Pero antes considero pertinente, para situar aun mejor la problemática, realizar someramente un comentario sobre los vínculos ciencia, tecnología y sociedad.

Recordemos que bajo el enfoque que plantea que la ciencia es necesariamente buena, o en el peor de los casos, neutra, es decir, ni buena ni mala, la tecnología, aplicación de la ciencia, es la que asume la responsabilidad total y entera de los inconvenientes del progreso técnico, no la ciencia, cuyo verdadero fin es ajeno al de la tecnología. A este respecto comenta Agazzi (1b) que en un comienzo a la ciencia se le consideraba como pura, es decir, como búsqueda de la verdad (fin noble), siendo en este sentido buena, pues además aportaría conocimientos para el bienestar de la humanidad; por ello, los juicios morales se enfocaban sobre sus usos, sus aplicaciones, no sobre la ciencia misma, ya que ella era pura y su fin era noble⁹. La ciencia entonces desde esta perspectiva es pura, es mera teoría. Esta distinción filosófica entre ciencia pura, característicamente teórica, neutra, y

⁹ Mario Bunge (3) en este sentido dice que entonces a los que hay que controlar es a los políticos y a los industriales, que son los que hacen uso de ella.

ciencia aplicada, básicamente tecnológica, ha servido para legitimar la exigencia de total autonomía para la investigación científica, junto con la exención de los científicos de toda responsabilidad por las consecuencias negativas de sus investigaciones (Medina, 11a). Todo el problema sería entonces de las aplicaciones, es decir, de la tecnología. La teoría es buena, es sana, la práctica, las aplicaciones, es la que puede corromper, hacer mal. A esta posición se le conoce como visión dicotómica, pues separa tajantemente la condición *sapiens* de la condición *faber* de la naturaleza humana, en general, desune ciencia y valores. Javier Echeverría (5a), criticando la postura de la mayoría de filósofos de la ciencia de la concepción heredada, dice: «*Resulta común leer que, de existir valores que rijan la ciencia, y de ser importante su estudio filosófico, los únicos valores que deben interesar a los filósofos de la ciencia son los valores cognitivos y epistémicos. Según estas posturas, el conocimiento científico está determinado por valores tales como la verdad, la coherencia, la simplicidad o la capacidad predictiva [...] hablando en términos más generales, se podría decir que, para la gran mayoría de filósofos de la ciencia, el conocimiento científico debía ser descriptivo, explicativo o comprensivo de lo que es, pero en modo alguno tenía que ocuparse de lo que debe ser: esto último era tema para éticos, políticos, ideólogos, predicadores o malos filósofos de la ciencia*». En esa postura (la heredada) se asume una separación entre hechos y valores, o, a lo sumo, se asume un reconocimiento de sólo los valores cognitivos y epistemológicos como los fundamentales, pero esta Concepción ya hoy día resulta un poco anacrónica, ya que como lo argumentó Hanson, los hechos (fenómenos, observación, experimentos, entre otros) están cargados de teorías, y al decir de Echeverría (5d), apoyándose en Putnam y Rescher, entre otros, «*la actividad científica está profundamente influida por diversos sistemas de valores (...). La actividad científica está cargada de valores en todas y cada una de sus fases*»¹⁰.

Sin embargo, en los actuales momentos, como ya lo expresamos, se resalta el hecho de la naturaleza profundamente operativa de la ciencia, la cual se expresa de un modo concreto: el nuevo sistema del mundo se impone porque permite cálculos más simples y predicciones más precisas. Esto ocasiona, entonces, que la representación teórica de lo real con la que la ciencia trabaja se convierta en 'modelo', es decir, construcción y reconstrucción de una parte de lo real destinada a dar informaciones seguras sobre el encadenamiento de los hechos y las consecuencias de nuestras intervenciones en el curso de los acontecimientos. Como afirma León Olivé (13a), todas las propuestas científicas al final son 'modelos', así deben ser consideradas, no como teorías, sino como modelos. Estos (modelos) deben contrastarse con la experiencia, su confiabilidad, su capacidad

¹⁰ «*La expresión actividad científica en vez de ciencia en este autor es un reconocimiento explícito que los estudios de la ciencia post-kuhmanos subrayan aspectos de la ciencia bien diferentes de los puramente teóricos: la ciencia entonces es sobre todo una actividad, cuyos objetivos no pueden reducirse a la sola búsqueda de la verdad*» (Echeverría, 5c).

de dar cuentas de hechos. Es decir, la fecundidad del modelo, su poder para resolver problemas, para explicar.

El conocimiento es, por ende, una construcción del hombre, no es ninguna revelación, no puede ser tampoco un dogma, es algo dinámico, falible, inacabado. Además, no es un conocimiento puro, único, sino que obedece a propósitos y a intereses, tanto intra como extra epistémicos. En este sentido es que León Olivé (13a) rescata la concepción pluralista tanto en el terreno metodológico como en el campo de la axiología, sin por ello abrirle paso al relativismo radical. En sus propias palabras:

«El pluralismo es, en un sentido, una forma de relativismo. Pero, se trata de un relativismo muy diferente al del estilo de 'todo se vale' (anything goes), y no tiene las consecuencias negativas de éste. En cambio, el pluralismo tiene varias virtudes. Permite entender de una manera más apegada a la realidad el desarrollo de la ciencia, reconociendo la diversidad de enfoques metodológicos y axiológicos que se han dado en la historia, admitiendo que muchos de ellos son igualmente legítimos, aunque difieren entre sí, por ejemplo aunque busquen fines distintos (...). Reconoce, además, que el juicio acerca si ha habido progreso o no, depende de la perspectiva desde donde se haga el juicio. Esto es, la concepción pluralista propone un perspectivismo en relación con el progreso científico».

Ahora bien, toda la investigación contemporánea es indudable que se produce en un vaivén entre el concepto y la aplicación, entre la teoría y la práctica. En esta relación, la *theoria* es la instancia primera de la *techne*, pero más en sentido cronológico que jerárquico y sin que sus prioridades epistemológicas sean una constante respecto a los logros técnicos que las fundan (Hottois, 9). Es decir, tal como se ha venido comentando, las conquistas de la ciencia pasan también por las de la tecnología. En efecto, si bien el desarrollo tecnológico depende estrechamente de la ciencia básica, el progreso de la ciencia depende también, muy estrechamente, de la tecnología. El empleo masivo de instrumentos no se ha convertido menos en una norma para los científicos que los conceptos y teorías para los ingenieros; de igual modo que la ciencia crea nuevos seres técnicos, la técnica crea nuevas líneas de objetos científicos. La frontera entre ellas es tan tenue que no se puede distinguir entre la actitud del espíritu del científico y la del ingeniero de alto nivel, ya que existen casos intermedios. Es decir, para que haya progreso hace falta una correspondencia apropiada entre el estado de las teorías y el estado de las tecnologías de experimentación y observación. Echeverría (5a) dice al respecto: *«Así como hay teorías que generan nuevos hechos y nuevos experimentos, también hay experimentos e invenciones técnicas que generan nuevos fenómenos y nuevas teorías científicas».*

Esta imbricación estrecha entre la ciencia y la tecnología da origen a mediados del fenecido siglo XX a una nueva modalidad de ciencia que suele ser denominada

como tecnociencia, algunos incluso la llaman también *Big-Science* porque una de sus características importantes es que requiere para su desarrollo grandes equipamientos y considerables recursos económicos (Echeverría, 5e). Es claro que esta tecnociencia se hace visible cuando ya las redes de la ciencia y la tecnología se habían consolidado, por tanto, se le debe considerar más bien como una red, es decir, red de técnica, red de ciencia, red de tecnología, que se entrecruzan y producen vínculos claves entre ellas y constituyen elementos o núcleos teóricos que son a la vez técnicos y científicos. Es decir, en términos globales, en la tecnociencia las acciones científicas no son posibles sin acciones tecnológicas concomitantes, la ciencia se encuentra condicionada por la tecnología; la tecnología se ha vuelto mediática para verificar (aseverar, aceptar, corroborar), rechazar (negar, falsar) o refutar hipótesis científica. Más aun, se puede decir, en términos amplios, que la tecnociencia se caracteriza porque no hay progreso científico sin avance tecnológico, y viceversa. Incluso hoy día en la propia formación de los científicos es necesario incluir cierta formación tecnológica (el caso de la informática), así como antes era básico que los tecnólogos tuvieran formación científica. Pero, mas aun, hoy día también es claro que todo grupo de investigación científica incluye en su actividad científica tanto científicos como ingenieros-científicos. En resumen, no estamos diciendo que sea cierto que las modalidades del saber, ciencia, técnica y tecnología estén fusionadas en la tecnociencia, es decir, que ésta subsume a todas ellas, pero tampoco estamos expresando que ellas están totalmente desconectadas. Más bien, el asunto se puede comprender mejor si se asume una postura relacional entre ellas, entre las diferentes modalidades del saber. Un punto de vista así reconocería las propias funciones de estos saberes pero también sus vínculos, conexiones e interdependencias, no como nodos independientes. Desde luego, estos saberes se construyen con diversos agentes (humanos, físicos y no físicos) interactuando a manera de redes. Pero esta actuación siempre se hace en un contexto específico, es decir, en un aquí y en un ahora, con agentes humanos y materiales concretos tomando decisiones con vistas a lograr resultados determinados.

Puesto que la actividad tecnocientífica no sólo pretende explicar el mundo sino transformarlo, esta transformación no se hace al margen de valores, tal como ya lo destacamos en este escrito. Esto también es válido para la tecnología en particular. Por consiguiente, se hace imperativo reconocer que la racionalidad inherente a este tipo de actividades no puede restringirse exclusivamente a la de los medios básicos para obtener ciertos fines, ni siquiera para definir los fines mismos, sino más bien a cuáles valores son los que guían la elección de estos fines y medios. Y esto es así pues, como consecuencia de su expansión por todo el planeta, a muchos se les ha hecho como evidente que este tipo de actividad humana era la concreción más perfecta de la racionalidad humana, es decir, era la clave innegable para el progreso y el bienestar. Esto así asumido dogmáticamente desemboca en lo que se conoce como la visión lineal del desarrollo que en la

introducción planteamos: 'más ciencia, entonces más tecnología, entonces más riqueza económica, entonces más bienestar'¹¹. En este sentido, acceder a la revolución científica-tecnológica, sin mayores discusiones y cuestionamientos, es la clave para poder alcanzar el bienestar. Y por ende, colocar a la educación y la cultura en condiciones de aceptar ese reto resultaba lo obvio, lo obligado.

Es evidente para nosotros que la base de este optimismo se fundaba en la concepción de la neutralidad axiológica de la ciencia y de la misma tecnología, que ya mencionamos, ya que este enfoque considera que tanto la ciencia como la tecnología son autónomas de toda influencia y condicionamiento social, por lo que científicos y tecnólogos tenían que abstenerse de todo juicio de valor. Sin embargo, de acuerdo con Winner (15), *«durante los últimos veinticinco años ha habido un esfuerzo por mostrar que es errónea la idea de que la tecnología es una fuerza lineal y unívoca (...). Tras una inspección detallada de especificidades históricas, no se ve el despliegue de un desarrollo lineal y único, sino desarrollos en los que hay distintos conjuntos de actores sociales, muchos caminos ramificados en lo técnico, muchos tipos de mecanismos propuestos, soluciones de problemas»*. Es decir, lo que la historia nos muestra es que no sólo debe atenderse a los aspectos de las consecuencias y efectos de los sistemas científico-técnicos, sino a los condicionamientos sociales de este proceso, es decir, reconocerlo como un proceso de construcción social que implica *«conflictos humanos, negociación, juegos de poder, compromisos»* (Winner, 15). Pues bien, el resultado de todo ello es que ahora el cambio científico-tecnológico se concibe como contingente, no lineal, muy distante de aquella racionalidad con que fue asumida hasta el último tercio del pasado siglo. Al decir de Winner (15), *«lo que se ve no es un monstruo ordenado de antemano para lograr una forma particular y para tener consecuencias particulares, sino más bien un conjunto de opciones abiertas a elección y una variedad de contextos sociales vivos sobre los cuales se harán las elecciones. La cuestión clave, en cualquier período en que aparezca, es ¿quién está incluido en el proceso de decisiones, cuán amplias son las circunstancias, y los intereses de quienes ganarán al final? Cuando se hacen preguntas así se empieza a ver (dice Winner) cómo la política y el desarrollo tecnológico están entrelazadas»*. El punto central que estoy tratando de hacer ver es que entre ciencia, tecnología y sociedad existe una interacción dinámica¹², unas relaciones recíprocas, y en este sentido, no sólo hay que reconocer los efectos de la ciencia y la tecnología en la sociedad sino también los de la sociedad en ellas.

Para rematar este apartado es importante decir que una buena parte de la investigación en ciencia y tecnología hoy día se desarrolla dentro de la modalidad conocida como tecnociencia y que la tesis de la neutralidad de la ciencia y la tecnología, es decir, por una parte de la separación entra la ciencia y los valores

¹¹ Ver nota 9.

¹² Situación ya entrevista por Marx, Schumpeter y Bernal, entre otros (Arocena & Sutz, 2).

y, por otra, de la escisión entre racionalidad teórica y racionalidad práctica, es inadecuada; entonces es pertinente realizar una seria reflexión muy particular sobre esta racionalidad y los problemas de los valores inherentes. Pues la ciencia y la tecnología no transitan por encima de las circunstancias sociales (igualando oportunidades entre países y regiones), sino que, más bien, desde un enfoque sistémico ellas deben ser asumidas como procesos sociales condicionados y condicionantes de los diferentes subsistemas reales (economía, política, jurídico, moral, entre otros)¹³.

3. NOTAS SOBRE EVALUACIÓN DE LA TECNOCENCIA

En la tecnociencia, tal como se ha expuesto, las acciones científicas no son posibles sin acciones tecnológicas concomitantes. En este sentido, como se pudo haber deducido en párrafos anteriores, el término tecnociencia denota que es un híbrido, para mejor decir, connota una red, una red de técnica, red de ciencia, red de tecnología, que se entrecruzan, debido a lo cual producen vínculos claves que constituyen elementos o núcleos teóricos que son a la vez técnicos y científicos. Teniendo en cuenta esto, en lo que sigue nombraré indistintamente tecnociencia, tecnología, sistemas científico-técnicos o sistemas científico-tecnológicos, pues creo que para el efecto del escrito las diferencias entre esas expresiones no son muy significativas.

De otra parte, de lo dicho también en apartados anteriores se puede colegir sintéticamente que tanto la ciencia como la tecnología deben considerarse bajo dos aspectos distintos (Agazzi, 1b). En un primer sentido, la ciencia sería un sistema de saber, la tecnología un sistema de conocimientos eficaces que puede utilizar ese de manera muy diferentes; según el otro sentido, ambas serían una actividad humana, es decir, un conjunto de actividades en la cual trabajan muchas personas (acción colectiva y no individual) con vistas a resultados particulares muy concretos. Se hace evidente entonces que bajo este segundo aspecto la ciencia y la tecnología no están constituidas por meros instrumentos, máquinas o aparatos, ni existen al margen de personas, grupos, quienes ciertamente las realizan o las aplican o las usan con determinadas intenciones¹⁴. Todo lo contrario, bajo este enfoque las personas (grupos) y los fines, que son buscados intencionalmente, forman parte de los sistemas científico-técnicos.

¹³ En especial respecto al problema del optimismo lineal y a la contextualización dice Núñez (12): «Frente al optimismo cientificista (tecnocientificista) hay que subrayar que lo que convierte a la ciencia (tecnociencia) en un recurso significativo (y valioso) es la sociedad donde se produce. Lo más importante no es la ciencia (tecnociencia) sino el proyecto social donde se inscriba, los intereses sociales que atienda, los actores sociales que le den sentido».

¹⁴ Vale la pena aquí comentar que para obtener un resultado concreto en las actividades científico-técnicas se debe desarrollar un sistema científico-técnico o una tecnología específica. Por ende, los sistemas científico-técnicos concretos, no abstractos, son a los que se consideran como sistemas de acciones en donde los agentes que participan en ellos tienen intenciones de obtener fines determinados.

Esto así quiere decir que la tecnociencia o los sistemas científico-técnicos como actividades humanas hacen referencia implícita a resultados intencionales buscados por agentes, por supuesto, siempre desde un contexto sociocultural determinado. Ahora bien, estos agentes al plantearse fines determinados lo hacen siempre sobre la base motivaciones, presiones e intereses (individuales o colectivos) muy diversos (Agazzi, 1b): o ante un trasfondo de creencias y valores (Olivé, 13b); como dice Echeverría (5c), «*Cuando el sujeto elige los fines lo hace con una determinada escala de valores claramente articulada y, sólo a continuación, selecciona los medios adecuados para lograr estos fines previendo los efectos o las consecuencias posibles de su acción*». Esta elección no se realiza desunida de los contextos socioculturales, tomados en su forma amplia, ni es tampoco atemporal. Todo lo contrario, lo que le da sentido a la elección y, por ende, a las prácticas tecnocientíficas es su relación con los contextos sociales en una época determinada, lo cual significa que las elecciones son dinámicas, abiertas y en interacción con los procesos sociales. Pero, ojo, también es un hecho constatado que en la gran mayoría de situaciones en las que operan sistemas técnicos, y especialmente cuando se trata de innovaciones tecnológicas, no es posible prever todas las consecuencias posibles que su aplicación y desarrollo producirá en las personas, en la sociedad o en el ambiente, pues nuestro ojo es humano y no divino. Es así que en muchas ocasiones se producen daños que son indudablemente resultados y consecuencias no-intencionales de la realización y operación de algún sistema científico-técnico en cuestión. Estos desastres reales –de carácter supranacional–acaecidos (bomba atómica, contaminación ambiental generalizada, orificio en la capa de ozono, tragedia de Chernobil, mutilaciones y muertes no-intencionales *a priori* en conflictos bélicos, entre otras) han provocado que surja el miedo, el pesimismo generalizado.

Por consiguiente, planteado en términos extremos, el juicio que inicialmente era de entusiasmo y euforia (tecnofilia) lentamente se ha transformado, muy especialmente a partir de mediados del recién despedido siglo XX, en juicio de condena y desaliento (tecnofobia)¹⁵. Justamente por este tipo de consecuencias dañinas de sus resultados, globalizados o locales –en la gran mayoría de veces impredecibles y hasta incontrolables– es por lo que debe discutirse toda tecnología o desarrollo científico-tecnológico en concreto. En consecuencia, son los resultados dañinos y los no-previstos y negativos –ambientales, sanitarios, culturales– lo problemático en una determinada tecnología.

¹⁵ Dice Agazzi (1b), citando a Oppenheimer, que según una famosa expresión de éste, con la explosión de la primera bomba atómica la ciencia (más bien la *Big-Science* o tecnociencia) conoció su ‘pecado original’, es decir, una especie de despertar que la obligó a salir de su postura de inocencia y a descubrir su responsabilidad moral.

Pero las raíces de esta transformación de la imagen y percepción social de la ciencia y la tecnología realmente hay que buscarlas en los cambios profundos acaecidos en las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, en el creciente condicionamiento social, económico y político de la ciencia y la multiplicidad de sus impactos de todo orden (Núñez, 12). Condicionamientos e impactos percibidos y discutidos con más intensidad en el último tercio del convulsionado siglo pasado (XX). Esto es, el suelo nutricional de esta transformación se encuentra en el reconocimiento de que estas actividades son acciones humanas, y acciones fundamentalmente colectivas, lo cual implica que éstas no se realizan en abstracto sino que poseen una carga valorativa derivada de una pluralidad de valores que se encuentran de alguna manera interrelacionados. Además, estos valores pueden tener diferentes ponderaciones dependiendo de los agentes, de los contextos y de la época.

Planteado así el asunto, es plausible decir entonces que lo problemático en los sistemas científico-tecnológicos no son sólo los efectos intencionales, como muchos piensan, sino los no-intencionales y perversos, los que surgen sin haberse previstos. En realidad, ambos son nefastos, pero especialmente estos últimos son los que ciertamente originan la sospecha y los juicios negativos, por lo cual hoy día se percibe una posición de paradoja o ambigüedad, pues por un lado se reconoce y se asocia a la ciencia y la tecnología (tecnociencia en nuestro contexto) la idea de progreso, pero, por el otro, se mantiene una duda sobre su verdadera finalidad, ya que, como bien lo dice Agazzi (1): «*La famosa controversia acerca de la neutralidad de la ciencia (y de la tecnología) surgió por los impactos de las consecuencias concretas negativas de muchos desarrollos científicos y tecnológicos*». Los argumentos de esta crítica «*coincidieron en presentar a la ciencia (y mucho más a la tecnología) como un 'producto de la sociedad' que obedece y sirve a los intereses de quienes detentan el poder en la sociedad*». Es obvio que esta crítica se basa en el punto de vista de considerar a la ciencia y la tecnología en su segundo aspecto, es decir, como «*una actividad humana*». Pues cuando se las considera en su primer aspecto, como un «*sistema de saber*», se debe reconocer que la neutralidad axiológica juega un papel importante, queriendo significar esta última expresión no que la «*ciencia carezca de valor*» sino, más bien, que busca un único valor, el propio, es decir, la verdad objetiva, la búsqueda desinteresada de la verdad o del conocimiento por sí mismo, y deja al margen cualesquiera otros valores¹⁶, ya que la intromisión de cualquier otra preocupación podría afectar seriamente la búsqueda de este valor supremo, podría conducirnos a admitir no-verdades y, al final, llevarnos a un extravío (Agazzi, 1b). Sin embargo, junto a este discurso crítico que estamos planteando sigue perviviendo en la educación, y no pocas veces en las políticas

¹⁶ Monismo axiológico diría Javier Echeverría, quien al respecto ha expresado (5): «*Este monismo se caracteriza por afirmar la existencia de un objetivo o valor principal de la ciencia, al que todos los demás están subordinados*».

públicas, aquella imagen tradicional, objetivista y benefactora a ultranza de la ciencia (visión lineal), visión que parece no percatarse de la importancia de lo social y de los valores en general en el análisis de la ciencia y la tecnología.

Ahora bien, ante la polarización entre las posiciones extremas de tecnófobos y tecnófilos, o entre la tensión posibilidades tecnológicas versus posibilidades legítimas, muchos consideran que un buen criterio de decisión para los casos de realizaciones, aplicaciones u operación de sistemas tecnológicas que se cree puedan generar consecuencias no-intencionales dañinas o perniciosas a personas, a comunidades o al ambiente, es el denominado 'principio de precaución'. Este principio está ligado innegablemente con la noción misma de la ética de la responsabilidad, que aplicada a las actividades científica-tecnológicas se podría formular *«como un imperativo de limitar y hasta evitar aquellas realizaciones tecnológicas cuyas consecuencias podrían ser peligrosas para las generaciones futuras o dañar seriamente sus condiciones de vida»* (Agazzi, 1c). Este principio en su forma estricta y sintética dice que sólo es suficiente con disponer de evidencias razonables o creíbles, aunque no sean contundentes, de que ciertas acciones específicas puedan producir resultados perniciosos, es decir, producirían o están provocando daño, aun cuando la naturaleza exacta y la magnitud de este daño no sea comprendida totalmente para prohibir la realización de tales acciones. Aunque, como se puede apreciar, y teniendo en cuenta lo comentado en párrafos anteriores, el punto neurálgico de este principio de precaución es que plantea disponer de 'evidencias razonables y creíbles', y sospechar de 'consecuencias potencialmente peligrosas'. Pues bien, ante esta situación, diferentes grupos de interesados (expertos y no-expertos) pueden tener diferentes posiciones al respecto de acuerdo con los criterios que utilicen para el análisis. Así que, a pesar de parecer un principio fuerte, aquí también debe darse la discusión y el debate para lograr puntos de encuentro y de coincidencias, de acuerdos o consensos, entre los diferentes subsistemas participantes (grupos o partes) con intereses específicos. Este principio en su profundidad revela más bien la alta responsabilidad moral que les cabe a los científicos y a los tecnólogos, en tanto científicos y tecnólogos, pues como dice Olivé (13a), refiriéndose a ellos con relación al principio en cuestión, *«al llegar a obtener la creencia, aunque fuera solo razonablemente fundada, adquieren ipso facto una responsabilidad moral»*. Pero no sólo es a ellos a quienes les cabe responsabilidad moral, es también a los diferentes subsistemas agentes (gobierno, instituciones de educación, centros e institutos de investigación, sectores productivos), ya que deben ser honestos y transparentes con la sociedad promoviendo un mejor conocimiento del sistema científico-tecnológico, así como lo que se sabe o conoce y no se sabe o desconoce acerca de las consecuencias y efectos de una realización o aplicación tecnocientífica en particular. Pero al público en general, la opinión pública en general, el ciudadano común, también le cabe responsabilidad moral, pues debe informarse o exigir información adecuada y pertinente para poder participar ilustrada y activamente en las

controversias sobre proyectos tecnocientíficos que indudablemente afectarán el ambiente vital, físico y cultural, y así poder aportar razones para decidir sobre el destino de estos sistemas científico-técnicos, que para el caso de nuestros países es fundamental, pues mientras los beneficios del conocimiento científico-tecnológico se distribuyen desigualmente, los riesgos generados por ese mismo conocimiento provenientes por consecuencias dañinas intencionales y no-intencionales, se democratizan, es decir, avanzan sobre la sociedad sin reconocer barreras.

Ante este panorama se hace entonces necesario una profunda *sensibilidad moral colectiva*, en la que cada quien se sienta responsable de sus acciones, es decir, que todos nos sintamos *responsables*, en diversa medida, de los diferentes aspectos de nuestra existencia colectiva, pero a la vez se necesita una apertura hacia las diferentes razones de los otros, especialmente se hace necesario por parte de los expertos, de los políticos, del sector productivo, entre otros. En fin, se hace necesario romper con esa visión del modelo lineal entre ciencia, tecnología, desarrollo y bienestar, para reemplazarla por una que reconozca que las actividades científico-tecnológicas no son neutras, y que al igual que las políticas que promueven y regulan su desarrollo, deben ser diseñadas y evaluadas desde un marco de la racionalidad valorativa, sistémica y limitada, abierta y dinámica, en el cual participen los diferentes subsistemas relevantes en cuestión. Esto así implicaría que los fines y los propósitos de las políticas y de los proyectos de desarrollo tecnocientíficos, así como las consecuencias de dichas actividades científico-tecnológicas, producto del reconocimiento de la irreductibilidad de la incertidumbre y la indeterminación de las consecuencias, supone desechar la idea de que el cambio científico-tecnológico es una cuestión que puede quedar en manos de los expertos (a lo sumo de éstos con el gobierno y el sector productivo) y, más bien, propiciar la participación pública en el que los asuntos en cuestión se manejen bajo un amplio debate, donde participen con conocimiento los interesados, los usuarios, los consumidores, los afectados, no sólo los expertos, es decir, se reconozca el carácter intersubjetivo amplio del proceso; sólo así entonces podríamos acercarnos a sistemas científico-tecnológicos idóneos¹⁷. De esta manera se podría mejorar la práctica, la evaluación y la gestión de la ciencia y la tecnología siempre apoyada en una racionalidad valorativa en un marco de responsabilidad compartida y dentro de un contexto determinado. Pero a la vez,

¹⁷ «Una tecnología es idónea para un grupo social si constituye una de las opciones tecnológicas para los fines que se propone el grupo. La idoneidad depende, pues, de la disponibilidad de la tecnología, de sus usos posibles y de los fines que se proponga el grupo. Es obvio que desde esta perspectiva no tiene mucho sentido la pretensión de definir el carácter apropiado, o no, de una tecnología para un país (región) o un conjunto de países (regiones) por sus propiedades intrínsecas (intermedias, blandas, duras, etc.), y menos aun si se trata de supeditar la eficiencia (racionalidad técnica o instrumental) a la idoneidad (una propiedad relativa a fines sociales, no a niveles deseables de eficiencia)» (Quintanilla, 14).

bajo este marco de referencia sobre las actividades tecnocientíficas, vinculando e integrando ciencia, tecnología, sociedad y humanismo, muy necesarios en nuestro contexto.

CONCLUSIONES

Desde la perspectiva de nuestros países, los países del Tercer Mundo, se puede decir que hay que reconocer la ambigüedad fundamental del conocimiento científico-tecnológico: a la vez que hace emerger la sociedad del conocimiento trae en su contrafaz la sociedad del riesgo; en otras palabras, la paradoja consiste en que el conocimiento científico-tecnológico a la vez que se ha transformado en la principal fuente de riqueza, también es, simultáneamente, fuente de riesgo. Pero globalmente ha generado riqueza que se distribuye en forma no equitativa, jerárquica, y un riesgo que se distribuye en forma democrática, equitativa. Por consiguiente, en este contexto el acceder al conocimiento científico-tecnológico para los países de América Latina y del Caribe se torna un asunto prioritario, no sólo porque resulta un factor necesario para el desarrollo, el factor residual que denominan los economistas, sino también porque resulta un instrumento imprescindible para reconocer, evaluar y controlar los riesgos producidos por la sociedad de la modernidad reflexiva, como diría Beck. En este sentido, las políticas públicas de desarrollo y regulación en Ciencia y Tecnología e Innovación en nuestros países deben avanzar hacia la consolidación de una ciencia y una tecnología vinculada estrechamente con su propio contexto. Ahora bien, para que ello pueda suceder se hace necesario por lo menos:

- (i) Reconocer la no-linealidad del desarrollo con relación a la ciencia y la tecnología; para ello se debe reconocer que estas actividades científico-tecnológicas son procesos sociales cargados de valores, creencias e intereses.
- (ii) Reconocer la necesidad de distribuir más justamente los beneficios producidos por el cambio científico-tecnológico.
- (iii) Considerar, simultáneamente y de manera necesaria también, estrategias para regular la distribución de los riesgos que genera este cambio.
- (iv) Cimentar de manera urgente la cobertura con calidad de la educación superior, pero con un marco conceptual adecuado y actual acerca de la ciencia y la tecnología, puesto que una distribución de beneficios y riesgos, fundamentada, responsable y contextualizada resulta abiertamente imposible sin conocimiento científico pertinente. Se requiere, además, una alfabetización amplia del público en general sobre la ciencia y tecnología, que sea capaz de participar en proceso de toma de decisiones informadas en estos campos. Un público capaz de reflexionar sobre la ciencia y la tecnología desde la óptica de

los problemas sociales, culturales, éticos, económicos y políticos, entre otros, que subyacen detrás de los problemas científico-técnicos, así como de los efectos y consecuencias intencionales y no-intencionales de estas actividades.

- (v) Ampliar la comunidad de evaluadores, para que se escuche la voz y opinión del no-experto, se involucre su percepción directa y su conocimiento experiencial específico, en los procesos de evaluación y gestión de las actividades científico-tecnológicas, dentro del marco de la racionalidad valorativa sistémica y la responsabilidad compartida. Esto así, hace entendible por qué fue que al comienzo de este escrito –en el núcleo problemático– comenté con relación a este punto que, *en principio*, para que esto fuera posible habría que darse algunos pasos relevantes: (a) los expertos han de limitar sus actitudes arrogantes y de suficiencia, y permitir el ingreso del público no-experto, (b) diseñarse los mecanismos y medios adecuados para mejorar la educación científica-tecnológica de los no-expertos y posibilitar su participación como otro, y (c) crearse los mecanismos institucionales adecuados para canalizar la participación del público.
- (vi) Asumir los estudios interdisciplinarios de Tecnología, Ciencia, Sociedad y Humanismo, como lo planteo, reconociendo que unos de los aportes fundamentales que pueden realizar en las sociedades de América Latina y del Caribe serían, por un lado, servir para orientar cambios críticos en los procesos educativos y formativos de los futuros profesionales en todas las carreras universitarias, igual en la educación básica –secundaria y primaria–, así como en los espacios amplios no formales o extracurriculares, y, por el otro, favorecer la consolidación de mecanismos de participación amplia de ciudadanos responsables que posibiliten una regulación, evaluación y gestión pertinente e idónea tanto del desarrollo científico-tecnológico como de los proyectos concretos tecnocientíficos.

Referencias básicas

- [1] AGAZZI, Evandro. *El bien, el mal y la ciencia* (capítulos: ¿Qué es la ciencia?, p. 33-46, y Ciencia, técnica y tecnología, p. 89-106). Madrid: Tecnos, 1996.
(b) Valores éticos en la empresa científico-tecnológica. Revista. *Arbor*, CLXII, 638, p. 173-193, 1.999.
- [2] AROCENA, Rodrigo & SUTZ, Judith, *La transformación de la universidad latinoamericana mirada desde una perspectiva CTS*. De la colección de la OEI «Razon y Sociedad» 2001.
- [3] BUNGE, Mario, *Ciencia, técnica y desarrollo* (capítulo: Ciencia básica, ciencia aplicada y técnica, p.33-45). Buenos Aires: Sudamericana, 1997.
- [4] BRONCANO, Fernando, La filosofía y la tecnología una buena relación (p. 9-19). De la compilación intitulada *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. Fernando Broncano (Ed.). Madrid: Trotta, 1995.

- [5] (a) ECHEVERRÍA, Javier, *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal, 1995.
 (b) Crítica a la distinción entre contextos de descubrimiento y de justificación, p. 283-301. *Revista Latinoamericana de Filosofía*, Vol. XX, N° 2, 1994.
 (c) Ciencia y valores: propuestas para una axiología de la ciencia. *Revista Interdisciplinaria de filosofía Contrastes*, p. 175-194. Suplemento 3 de 1998.
 (d) Tecnociencia y sistemas de valores (p. 221-230). Del texto *Ciencia, cultura, tecnología y sociedad*. Biblioteca Nueva OEI, colección Razón y Sociedad. España, 1999.
- [6] GARCÍA, M. Patricia, El concepto de riesgo en la sociedad del riesgo (p. 211-230). *Revista Studia Philosophica* (II), Universidad de Oviedo (España), 2001.
- [7] GIDDENS, Antonio, *Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas* (p. 33-48). Madrid: Taurus, 2000.
- [8] GONZÁLEZ, Marta, LÓPEZ, C. J.A. & LUJÁN, J.L., Las concepciones de la tecnología. *Revista Arbor*, CXLIX, p. 125-145, 1994.
- [9] HOTTOIS, Gilbert, *El paradigma bioético: una ética para la tecnociencia* (capítulo: La importancia de la técnica y de la tecnociencia, p. 11-31). Barcelona: Anthropos, 1991.
- [10] LIZ, Manuel, Conocer y actuar a través de la tecnología (p. 23-51). De la compilación intitulada *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. Fernando Broncano (Ed.). Madrid: Trotta, 1995.
- [11] (a) MEDINA, Manuel, Mito de la teoría y filosofía de la tecnología (p. 35-39). *Revista Filosofía de la tecnología*, N° 94/95. Barcelona: Colección Anthropos, 1998.
 (b) Tecnografía de la ciencia (artículo extraído del internet, 2001). Publicado originalmente en *Historia crítica*, 10, Universidad de Barcelona, 1995.
- [12] NÚÑEZ, Jorge, *Ciencia y cultura en el cambio de siglo. A propósito de C.P. Snow* (p. 89-107). De la colección de la OEI «Razon y Sociedad». 2001.
- [13] (a) OLIVÉ, León, *El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y la tecnología*. México: Paidós- UNAM, 2000.
 (b) Racionalidad y valores éticos en las ciencias y la tecnología. *Revista Arbor* CLXII, 638, p. 195-220, 1999.
- [14] QUINTANILLA, Miguel, Problemas conceptuales y políticas de desarrollo tecnológico. *Revista Hispanoamericana de Filosofía «Crítica»*, p. 23-39, Vol. XXII, N° 64, 1990.
- [15] WINNER, Langdon, Dos visiones de la civilización tecnológica. Del texto *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura* (p. 55-65). Editado por la OEI. Colección Razón y Sociedad, 2001.

Referencias complementarias

- ALBORNOZ, Mario & SEBASTIAN, Jesús, J. «Sábado revisitado: Del Triángulo a las Redes». *Revista Arbor* CXLVI, 575, p. 117-128, 1993.

- CRUZ VÉLEZ, Danilo, *Tabula Rasa* (p. 256-262) Bogotá: Planeta, 1994.
- FUNTOWICZ, S & RAVETZ, J., Problemas ambientales: ciencia post-normal y comunidades de evaluadores extendidas (p. 151-160). Del libro *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. España: Ariel, 1996.
- GUTIÉRREZ, Ileana, América ante la sociedad del riesgo. CEA-Universidad de Buenos Aires. Artículo publicado en internet en la página web de la OEI, 2002.
- LADRIERE, Jean, *La racionalidad de la tecnología* (capítulo: Ciencia y tecnología, p. 11-65). Salamanca: Ed. Sígueme (en colaboración con la UNESCO), 1972.
- WYNNE, Brian, Incertidumbre y aprendizaje ambiental (p. 161-183). Reconcebir la ciencia y la política en un paradigma preventivo. Del libro *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. España: Ariel, 1996.