

DE LA CIENCIA A LA TECNOCENCIA: PONGAMOS LOS CONCEPTOS EN ORDEN.

Tomado de Nuñez Jover, J. (1999) La Ciencia y la Tecnología como Procesos Sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. Ed. Felix Varela, La Habana

Introducción.

A lo largo de los ensayos incluidos en este libro se utilizarán reiteradamente conceptos como ciencia, técnica, tecnología y tecnociencia. Parece de rigor que comencemos por discutir esos conceptos y definamos aproximadamente el significado que les atribuiremos. Los conceptos aludidos encuentran en la literatura disponible un uso muy variado. De hecho existen una infinidad de definiciones de ciencia y algo semejante ocurre con la tecnología. Detrás de esa abrumadora diversidad está el enorme arraigo social que una y otra tienen en la sociedad contemporánea, lo que conduce a su uso cotidiano en la educación, los medios de difusión, los discursos políticos y muchos otros canales de divulgación. De igual modo esa diversidad se explica por las muy diferentes corrientes filosóficas, sociológicas e históricas que a lo largo de este siglo han estudiado sistemáticamente la ciencia y en menor medida la tecnología.

Resulta necesario entonces poner un orden conceptual mínimo en nuestro discurso.

Debe destacarse además que en esta obra los problemas de la ciencia y la tecnología se examinarán como procesos sociales, como dimensiones de la totalidad social. Para estos fines las diferentes definiciones de ciencia y tecnología no son de igual utilidad. Necesitamos proveernos de conceptos amplios cuya riqueza permita el énfasis social que nos interesa.

De igual modo deben destacarse las profundas e intensas interacciones que caracterizan hoy los vínculos entre la ciencia y la tecnología. La copulación recíproca entre ellas, el binomio interactivo que han constituido, representan un elemento esencial de la actual civilización tecnológica. El concepto de tecnociencia, menos extendido en la literatura, servirá para destacar los límites borrosos, indistinguibles y a veces inexistentes entre ciencia y tecnología.

Debo advertir que el método de exposición que he escogido para este ensayo puede traicionar el fin que me propongo. Comenzaré por mencionar el modo clásico en que suelen distinguirse ciencia y tecnología (o técnica, según el caso) para luego desarrollar consecutivamente los conceptos de ciencia, técnica, tecnología y por último, tecnociencia. Este orden, sin embargo, pudiera sugerir separaciones indeseables. Espero que al final el planteamiento teórico que deseo desarrollar quede suficientemente claro.

Visiones de la ciencia.

Digamos para comenzar que el concepto de ciencia se suele definir por oposición al de técnica, según las diferentes funciones que ellas realizan. En principio la función de la ciencia se vincula a la adquisición de conocimientos, al proceso de conocer, cuyo ideal más tradicional es la verdad, en particular la teoría científica verdadera. La objetividad y el rigor son atributos de ese conocimiento.

La función de la técnica se vincula a la realización de procedimientos y productos, al hacer cuyo ideal es la utilidad. La técnica se refiere a procedimientos operativos útiles desde el punto de vista práctico para determinados fines. Constituye un saber cómo, sin exigir necesariamente un saber por qué. Ese por qué, es decir, la capacidad de ofrecer explicaciones, es propia de la ciencia.

Observemos que lo anterior constituye no sólo una distinción analítica; históricamente han existido civilizaciones dotadas de técnicas desarrolladas y escaso conocimiento científico: Egipto, China, el Imperio Inca, son algunos ejemplos. En cambio la civilización griega clásica avanzó más en la ciencia, acompañada de una técnica menos avanzada.

Agazzi (1996) admite que en su evolución la ciencia ha cambiado considerablemente, desde una ciencia basada en la contemplación, para luego orientarse al descubrimiento y finalmente, lo cual sería su rasgo contemporáneo, a la investigación. Veamos esto con mayor detalle.

Desde la antigüedad hasta el renacimiento la ciencia constituye un conocimiento que se apoya en la contemplación de la naturaleza. Es a través de la observación y el razonamiento que es posible acceder a la esencia de la naturaleza.

La ciencia moderna, liderada por Galileo, modifica parcialmente esto, desplaza la contemplación y la especulación sobre las esencias y promueve una racionalidad apoyada en la experimentación y el descubrimiento de las leyes matemáticas que están "detrás" de los fenómenos sensibles. Para Descartes, no es suficiente la observación: es a través del experimento que se formulan preguntas a la naturaleza, obligándola a revelar la estructura matemática subyacente. El intelecto, más que los sentidos, es lo fundamental.

Al ocuparse de la naturaleza (en general de la realidad) la ciencia contemporánea lo hace a través del conjunto de mediaciones que a lo largo de su desarrollo la propia ciencia y la técnica han venido construyendo: modelos, teorías, instrumentos, tecnologías y es a través de ellas que se realiza la investigación.

Agazzi resume este proceso diciendo que el ideal de la ciencia antigua fue la observación, el de la ciencia moderna el descubrimiento apelando fundamentalmente al recurso de la experimentación y la matematización, en tanto la ciencia actual realiza investigación en sentido estricto (p.133).

La investigación se refiere a la actividad de producción de conocimientos que se despliega a partir de los resultados anteriores expresados en modelos, leyes, teorías y también, instrumentos, equipos, experiencias, habilidades, todos los cuales son constructos creados por el hombre con el fin de explicar y manipular. Los científicos apelan a esos recursos creados no sólo en sus propios campos de investigación sino utilizando los que provienen de otros, a veces distantes.

Esa utilización de los resultados precedentes, su modificación permanente, el cruce de informaciones, modelos, es lo que constituye la ciencia en una tradición acumulativa de conocimientos y prácticas.

Por ello el "alevín de científico" que se incorpora al ejercicio profesional no se coloca frente a una naturaleza "desnuda" que espera ser observada o descubierta, sino que se sumerge en disciplinas constituidas dentro de las cuales aprenderá a formular y resolver problemas.

Este planteamiento nos permite comprender la adscripción disciplinaria de la práctica científica, su articulación comunitaria e incluso paradigmática (Kuhn). Desde el mismo, sin embargo, se pueden deducir diferentes conclusiones. Agazzi, por ejemplo, concluye de todo esto que, "la ciencia no indica ya la necesidad de salir de sí misma para continuar existiendo" (p.133) y "la ciencia contemporánea ha llegado hoy día a constituirse como sistema autónomo" (idem). De inmediato él mismo introduce la corrección de que esto no convierte a la ciencia en "sistema cerrado" y que apenas de trata de una autonomía cognoscitiva que no abarca todas las dimensiones de la ciencia como actividad.

La importancia de esa corrección es fundamental en un discurso sobre la ciencia contemporánea. En efecto, con la Ciencia Moderna se desenvuelve un proceso de diferenciación de la ciencia como producto espiritual (respecto a la teología y la filosofía, por ejemplo) y como institución y profesión peculiar. Pero como es conocido, la capacidad de explicar y manipular que la ciencia ha demostrado, la ha convertido en una fuerza social extraordinaria, cuya relación con los intereses sociales es indiscutible. Por eso, decir que la ciencia no depende más que de sí misma es una afirmación de alcance muy limitado que aquí sólo admitiremos en un sentido bien restringido: como constitución de líneas de investigación que se alimentan de los resultados precedentes y del diálogo con otras semejantes. En tal sentido la ciencia se impulsa a sí misma y adopta en lo fundamental recursos cognoscitivos creados por ella misma. En ello se expresa su madurez y autonomía relativas.

El proceso de crecimiento acumulativo de la ciencia ha sido descrito por Price (1980) a través de un curioso modelo que tiene en común con las ideas anteriores la identificación de la ciencia con el conocimiento que ella produce. A ello Price agrega que ese conocimiento puede ser estudiado a través de su expresión en forma de artículos científicos, por lo que propone considerar como ciencia "lo que se publica en los artículos científicos" (p.167), aparecidos en la "Lista Mundial de Periódicos Científicos" (idem). A la luz de esta definición y contando con fuentes como el Science Citation Index de Garfield, es posible disponer de información sobre artículos, autores y citas que pueden investigarse y obtener a partir de esas estadísticas medidas de los inputs y outputs de la ciencia, así como comprender algunos mecanismos característicos de su crecimiento. Así, estudiando las citas, es posible determinar cómo los artículos se relacionan entre sí y van conformando algo semejante a un tejido de agujas. A partir de ese modelo es posible obtener alguna explicación sobre el ritmo de crecimiento exponencial de la ciencia (según Price el número de artículos se duplica cada 10 o 15 años): la ciencia crece como lo hace porque el viejo conocimiento engendra el nuevo, la vieja ciencia se va transfiriendo a la nueva a través de un proceso acumulativo.

Un artículo se vincula con otros similares a través de las citas. Ese mecanismo de citaciones que relaciona unas ideas a otras, es lo que Price llama el "frente de investigación" (p.164), en tanto reserva el nombre de "Colegio Invisible" para aquellos científicos que son responsables de la mayoría de la producción "y de mucho más de la mitad de su valor" (idem). En la misma línea, se considerará científico al que alguna vez ha contribuido a la redacción de un artículo semejante. De esto resulta que la participación del investigador en las publicaciones, el esfuerzo por incorporarse al frente de investigación y aún al Colegio Invisible, es un importante motor del crecimiento de la ciencia.

Pero la ciencia no es sólo el conocimiento por ella creado y que circula en publicaciones. Ella también puede ser vista desde el ángulo de los procesos de profesionalización e institucionalización que genera. Barnes (1995) introduce esos ángulos de análisis. Para ello fija su atención en el proceso de transformación de las ideas científicas y su impacto en la cultura que tuvo lugar entre 1540 y 1700 aproximadamente, plazo en el que ocurre una gran revolución científica que cambió considerablemente el panorama de la ciencia y su proyección en la cultura.

El período considerado abarca desde la formulación inicial del sistema copernicano de astronomía hasta la culminación de la filosofía que inspiró en la obra de Isaac Newton. Ese plazo incluye numerosos logros específicos en astronomía, mecánica, óptica, anatomía, historia natural, química, entre otros campos y "supone una profunda transformación del pensamiento con el rechazo de la cosmología teleológica y centrada en el hombre de Aristóteles y de los pensadores aristotélicos, y su sustitución por una visión del mundo fundamentalmente impersonal y mecánica" (p.22).

Es este también un período rico en discusiones sobre aspectos del método científico imprescindibles para desarrollar los fundamentos de la ciencia: el papel de la observación y el experimento; la necesidad de plantear hipótesis y de recurrir a la cuantificación y matematización, entre otros.

Aunque muchas de esas ideas tenían notables antecedentes, durante la revolución científica ellas alcanzaron mayor aceptación entre la gente culta. Durante el siglo XVII declinaron la astrología y la brujería, se fundaron sociedades científicas nacionales en Inglaterra, Francia y Alemania; antropocentrismo, antropomorfismo y teleología experimentaron un notable declive. Por ello dice Barnes: "El siglo XVII merece probablemente ser considerado como un punto de inflexión en la historia del pensamiento y las ideas" (p.23).

Existe, sin embargo, otro ángulo muy relevante que permite entender la evolución de la ciencia y su constitución en la actividad social que es hoy. También este punto es desarrollado por Barnes (idem). Se trata de observar la ciencia desde la perspectiva de su aparición y desarrollo como una ocupación profesional, proceso que viene a manifestarse claramente en el siglo XIX.

El término científico fue utilizado por primera vez en 1833 cuando William Whewell lo empleó durante una reunión de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia para referirse a los allí reunidos. El crédito del término se extendió en la medida en que los hombres de ciencia aceptaron la imagen de sí mismos como profesionales.

Este proceso de profesionalización tuvo notables consecuencias. Una de ellas fue la creación de numerosos puestos de trabajo. Durante los siglos XVII y XVIII apenas existían puestos científicos remunerados: la ciencia era una actividad de aficionados que durante el siglo XVII fue dominada por la aristocracia y durante el XVIII se convirtió fundamentalmente en una actividad de la clase media, lo cual redundó en una mayor presión por su profesionalización. Durante el siglo XIX se crearon muchos puestos de trabajo para científicos, sobre todo en el sistema educativo, por ejemplo, las Ecoles de la Francia posrevolucionaria y luego en las universidades alemanas. El apoyo gubernamental permitió la consolidación de la carrera científica.

Junto a la creación de nuevos puestos de trabajo se fue creando la infraestructura para la ciencia. "Por primera vez, comenzó a ser posible una preparación sistemática en los diferentes campos de la ciencia, preparación que podía basarse en la práctica en un laboratorio. Al mismo tiempo, los

diferentes niveles de formación pasaron a estar estrechamente vinculados con unas calificaciones formales, y las oportunidades determinadas de la carrera con las calificaciones. Junto a la enseñanza, también la investigación comenzó a ser apoyada, y los científicos más eminentes podían aspirar a dirigir su propio laboratorio o incluso su propio instituto de investigación, así como a conseguir la ayuda de técnicos capacitados y competentes. Esta es, ciertamente, una de las innovaciones más notables y significativa del siglo XIX; hasta entonces eran desconocidos los laboratorios permanentes, que son como las centrales eléctricas de la ciencia moderna. Finalmente, conforme avanzaba la centuria, se fundaron más y más asociaciones científicas profesionales, y publicaciones profesionales cuyo objetivo era dar a conocer las investigaciones desarrolladas en el seno de la comunidad científica, que experimentaba un rápido proceso de crecimiento y fragmentación. Las diferentes disciplinas y especialidades científicas proliferaron con notable rapidez, y cada una de ellas necesitaba con urgencia una publicación" (Barnes, pp.24 -25). En consecuencia, el número de publicaciones y artículos creció exponencialmente.

Aunque los procesos de profesionalización e institucionalización a que se alude tuvieron diferencias nacionales, lo cierto es que el modelo de la ciencia académica alemana desarrollado en sus universidades fue el que sirvió de patrón para otros países. La profesionalización incrementó la eficacia de la investigación científica pues la respaldó con una formación sistemática de las personas ocupadas en ella le proporcionó canales de comunicación y mecanismos de control de la calidad y renovados recursos técnicos. Ese proceso de profesionalización dotó a la sociedad de una nueva "figura social" (Barnes, p.25) organizada en una institución especializada que asume el objetivo de organizar y modificar el conocimiento existente.

El punto anterior es fundamental para entender la ciencia y su lugar en la sociedad y la cultura. Prácticamente todas las sociedades han tenido individuos y aún instituciones que han transmitido y preservado conocimientos, pero parece un hecho único y decisivo en la evolución social haber creado una profesión y una institución cuya misión es "*ampliar y modificar el conocimiento, como cuestión de rutina* (sic), como práctica habitual de una ocupación específica" (p.25). Con ello surgió en el siglo XIX "un gran motor de cambio en el seno mismo del tejido social" (idem).

Esa práctica sistemática, rutinaria, ha quedado integrada a la estructura institucional, sostenida por los intereses de sus practicantes y de otras instituciones y actores sociales que se apoyan en ella.

Entonces, ¿qué es la ciencia?

A la luz de las consideraciones precedentes se revelan diferentes manifestaciones del fenómeno que llamamos ciencia. También se aprecian los cambios profundos que ha experimentado en su devenir y el cambio en su posición social.

Por eso es que es tan difícil ofrecer una caracterización breve y precisa de lo que entendemos por ciencia. Se le puede analizar como sistema de conocimientos que modifica nuestra visión del mundo real y enriquece nuestro imaginario y nuestra cultura; se le puede comprender como proceso de investigación que permite obtener nuevos conocimientos, los que a su vez ofrecen posibilidades nuevas de manipulación de los fenómenos; es posible atender a sus impactos prácticos y productivos, caracterizándola como fuerza productiva que propicia la transformación del mundo y es fuente de riqueza; la ciencia también se nos presenta como una profesión debidamente institucionalizada portadora de su propia cultura y con funciones sociales bien identificadas.

La razón por la cual es posible apreciar tantas facetas diferentes de la ciencia es porque ella constituye un fenómeno complejo cuyas expresiones históricas han variado considerablemente. Por eso las definiciones de ciencia resultan escurridizas y a veces inalcanzables.

J.D. Bernal (1954), por ejemplo, consideraba que: "En realidad, la naturaleza de la ciencia ha cambiado tanto en el transcurso de la historia humana, que no podría establecerse una definición de ella" (p.13). En su polémica con Dingle, y no sin cierta ironía llegó a caracterizarla como "aquello que hacen los científicos" (ibid, p.32). En el curso del debate, arribó a la conclusión que mucho más provechosa que una formulación breve era una enumeración del conjunto de los rasgos que tipifican el fenómeno en cuestión y expuso que la ciencia debe ser entendida como: institución, método, tradición acumulativa de conocimiento, factor principal en el mantenimiento y desarrollo de la producción y una de las influencias más poderosas en la conformación de las opiniones respecto al universo y el hombre. Se trata de un enfoque amplio que permite una aproximación rica y diversa al fenómeno ciencia. Abierta, sobre todo, a lo que él consideraba principal "estudiar su historia y contexto social" (ibid, p.22).

Este último objetivo, anunciado por Bernal unas cinco décadas atrás, ha pasado a ocupar un lugar central en los estudios de la ciencia. Ello ha ocurrido de la mano de dos circunstancias fundamentales. La primera es que en la segunda mitad de este siglo la ciencia se ha convertido en una fuerza social extraordinaria y sus estudios han debido reconocerla así: las resonancias económicas, éticas, políticas del trabajo científico han impuesto un temario renovado de la ciencia. Junto a esto y en parte por ello, aquellas tradiciones teóricas que prestaban escasa atención a la dimensión social de la ciencia o la ignoraban, han sido desplazadas. Este es el caso del Positivismo y el Empirismo Lógico (Carnap, Reichenbach, Hempel) y el Racionalismo Crítico (Popper).

El enfoque social que se viene abriendo paso representa una opción radicalmente distinta a la tradición positivista en el campo de la Filosofía de la Ciencia. La tradición lógico positivista centra su atención en el sistema de conocimientos formado, se interesa por la verdad y la busca en la coherencia lógica del lenguaje científico; este lenguaje se considera sólo si refiere a hechos comprobables. De esta opción - empirista, fenomenalista y descriptivista - se deriva un campo de análisis filosófico reducido: estudio del procedimiento de comprobación de los fenómenos, formalización de las teorías científicas mediante la lógica matemática y delimitación del lenguaje científico de otras expresiones lingüísticas.

Según Mario Otero (1979) Esta postura realiza una "operación ideológica de ocultamiento" que presenta a la ciencia como autónoma, universal, extrahistórica".

Sin embargo, puede decirse que hasta los años 50, la tradición positivista (a través de tendencias y autores con posiciones diferentes) fue dominante en toda la filosofía occidental de la ciencia. En consecuencia, durante las primeras décadas de este siglo esa filosofía parecía atrapada en una visión estática de la ciencia, concentrada en el estudio del lenguaje de las teorías ya formadas, dominada por una visión simplificada de la relación entre las teorías científicas y la naturaleza a las que ellas se remiten y en un enfoque acumulativista del progreso del saber científico. La elaboración de una concepción del método científico entendido como cierto algoritmo conducente a la verdad, absorbía buena parte del trabajo en filosofía de la ciencia.

Sobre todo desde los años 60 el temario de análisis de la ciencia se ha enriquecido considerablemente, como se explicará más adelante ¹ Un conjunto de reacciones académicas y sociales (González García, et al, 1996, pp 35-65) favorecieron la entrada en juego de nuevas perspectivas.

Lo que interesa subrayar aquí es que desde entonces los enfoques sociales de la ciencia han cobrado la mayor relevancia, lo cual debe ser reflejado en el concepto de ciencia que adoptemos para nuestro trabajo teórico. Lo esencial es que el concepto adoptado debe abrirnos la puerta al estudio social de la ciencia. La búsqueda de un concepto debe subordinarse al objetivo de procurar un fundamento teórico que sirva de base a una estrategia de investigación de la ciencia.

Por ello, la caracterización de la ciencia ha experimentado varios desplazamientos. La atención se ha desplazado de los productos de la ciencia (en particular los conocimientos, con énfasis en las teorías científicas) a la actividad científica misma, es decir, a la ciencia en el "proceso de ser hecha". Con ello, el problema de las fuerzas motrices del desarrollo de la ciencia, la interacción de la ciencia con otras actividades sociales (políticas, económicas), los factores subjetivos e intersubjetivos que intervienen en los procesos de producción, difusión y aplicación de conocimientos, aparecen en primer plano.

Un segundo desplazamiento tiene que ver con la diferente percepción de los resultados de la actividad científica. La idea del conocimiento científico como teorías objetivas, rigurosamente formalizadas, probadas, y por ello verdaderas, ha sido sustituida por una visión que acepta en uno u otro grado la falibilidad del conocimiento, su carácter transitorio; admite un demarcacionismo menos radical entre ciencia y otras formas de conocimiento, y entiende el conocimiento científico como un producto de la historia, la sociedad y la cultura, influido por tanto por sus valores y prioridades.

Junto a esto se reconoce que la ciencia no consiste sólo en el trabajo de investigación que perfecciona sistemáticamente el universo de las teorías disponibles. La ciencia tiene muy diversas expresiones en la educación, en la industria, en los servicios, en las labores de consultoría y dirección que realizan las personas que poseen una educación científica. En esos y otros ámbitos, la ciencia tiene una presencia relevante. El análisis de esos contextos, no reductibles al ámbito del laboratorio, ofrece posibilidades adicionales para captar los nexos ciencia - sociedad.

Un tercer desplazamiento consiste en explorar la ciencia desde el ángulo de los procesos de profesionalización e institucionalización que hacen posible la actividad científica. La ciencia no es la obra de Robinson Crusoe. La ciencia es una actividad profesional institucionalizada que supone educación prolongada, internalización de valores, creencias, desarrollo de estilos de pensamiento y actuación. La ciencia es toda una cultura y así debe ser estudiada.

Los desplazamientos descritos apenas describen algunas de las muchas transformaciones que en las últimas décadas ha experimentado la comprensión de la ciencia. Parece fundamental que la ciencia sea vista cada vez más como una actividad social. Este planteamiento tiene consecuencias teóricas y metodológicas esenciales. A continuación trataré de aclarar un poco más esas consecuencias apelando en parte a los argumentos anteriores e incorporando otras consideraciones.

¹ En este mismo libro, véase La "industria científica" se transforma.

La ciencia como actividad.

La actividad que denominamos ciencia se desenvuelve en el contexto de la sociedad, de la cultura, e interactúa con sus más diversos componentes. Al hablar de ciencia como actividad nos dirigimos al proceso de su desarrollo, su dinámica e integración dentro del sistema total de las actividades sociales. Desde esta perspectiva se promueven a un primer plano los nexos ciencia – política, ciencia – ideología, ciencia – producción, en general ciencia – sociedad. La sociedad es un continuo pluridimensional donde cada fenómeno, incluso la elaboración de conocimientos, cobra sentido exclusivamente si se relaciona con el todo. El conocimiento aparece como una función de la existencia humana, como una dimensión de la actividad social desenvuelta por hombres que contraen relaciones objetivamente condicionadas. Sólo dentro del entramado que constituyen esas relaciones es posible comprender y explicar el movimiento histórico de la ciencia.

Esto no significa, sin embargo, que la actividad social que denominamos ciencia no tenga sus particularidades que es preciso reconocer. El punto de vista que aquí sostenemos es que el enfoque social de la ciencia apunta a sus diferentes interrelaciones e interpenetraciones con las restantes formas de actividad humana, pero no borra sus diferencias respecto a ellas. Hay que admitir, sin embargo, que este punto de vista no goza de unanimidad ni mucho menos. Woolgar (1991), por ejemplo, cree que entre las constricciones que se presentan ante los estudios de la ciencia está "la persistente idea de que la ciencia es algo especial y distinto del resto de formas de actividad social y cultural, aún a pesar de todos los desacuerdos y cambios en las opiniones de los filósofos que han tratado de dilucidar un criterio de distinción. En lugar de tratarlos como logros meramente retóricos, muchos analistas de la ciencia siguen respetando los límites que delimitan a la ciencia frente a la no-ciencia. Muchos otros niegan la posibilidad de la demarcación pero siguen discutiendo en términos de límites. El uso continuado de un esquema que construye la ciencia como un objeto tiende a reforzar la concepción de la misma como algo distinto antes que a potenciar un desafío a tal punto de vista." (1991, p.40).

A diferencia de esta apreciación considero necesario admitir que la ciencia supone la búsqueda de la verdad o al menos un esfuerzo a favor del rigor y la objetividad; la ciencia es, ante todo, producción, difusión y aplicación de conocimientos y ello la distingue, la califica, en el sistema de la actividad humana. Pero la ciencia no se da al margen de las relaciones sociales, sino penetrada de determinaciones práctico – materiales e ideológico – valorativas, tipos de actividad a las cuales ella también influye considerablemente. El privilegio de la ciencia como actividad supone una tergiversación científicista, internalista y en última instancia idealista, que conduce a la incompreensión de sus fuerzas motrices, funciones sociales y otros problemas de significación social relevante. Si por el contrario se ignora la especificidad de la ciencia, entonces se borra la diferencia entre ciencia y pseudociencia, entre investigación seria y charlatanería. Si se pierde la identidad de la ciencia, el economicismo chato del externalismo se adopta como alternativa para explicar su movimiento histórico y el voluntarismo asoma la nariz en la política científica. Una política correcta debe emerger de la identificación adecuada de la ciencia como actividad y de sus determinaciones y resonancias en el cuerpo total de la cultura donde ella se desenvuelve.

La ciencia no es un juego meramente intersubjetivo ajeno a los propósitos de rigor, objetividad y verdad. La ciencia supone tanto relaciones sujeto - objeto como sujeto - sujeto. Las primeras permiten comprender que el juego creativo de la ciencia cobra sentido en la medida que ella refleja realidades que están más allá de sus esquemas conceptuales y todavía más, los determina en última instancia. Ciencia es creación pero creación con arreglo al plan de reflejar en las representaciones y

teorías objetos que guardan una relativa independencia ontológica respecto del sujeto que investiga. Este enunciado se sitúa frente al convencionalismo e intenta superar la imagen de la teoría como calco inmediato del objeto.

La imagen de la ciencia vista como relación sujeto –objeto ha sido desarrollada, sobre todo, por la metodología del conocimiento científico y la epistemología. Y de ahí sus temas clásicos: método, verdad, objetividad, explicación, argumentación, entre otros.

Sin embargo, comprender la ciencia exige también entenderla en el marco de la relación sujeto – sujeto. Este es el ángulo preferente que ha aportado la Sociología de la Ciencia. El sujeto de la ciencia no es el individuo aislado, no es un hombre abstracto. Si se presta atención a la naturaleza social del proceso científico pudiera indicarse como sujeto a la sociedad toda. Es preferible, sin embargo, un enfoque estratificado que identifique a los diferentes sujetos que definen la actividad científica. Se trata, para comenzar, del individuo (cuya actividad cognoscitiva está socialmente condicionada) que en su interacción con otros conforma comunidades científicas u otras comunidades profesionales, las que interactúan con sus semejantes tanto nacional como internacionalmente.

En el interior de las instituciones la producción de conocimientos puede sólo lograrse estableciendo un conjunto de relaciones sociales intracientíficas (Kelle, 1978). Son, en primer lugar, relaciones informativas que aseguran los flujos de información imprescindibles para el trabajo científico; son sociales no sólo porque suponen la interrelación con el conocimiento social y su producto se destina al consumo social (al menos del socium científico) sino porque la participación del científico en tales relaciones está influida por factores propios del contexto social en que ellos se desenvuelven: prioridades sociales, factores que frenan el flujo informativo (monopolio del conocimiento por grupos, clases o países) etc.

Se constituyen además relaciones de organización, entendiendo que ellas, de un lado, se determinan por las exigencias de la producción de conocimientos, y de otro, por las particularidades del medio social.

Finalmente, existe otro grupo de relaciones de variado carácter: jurídicas, morales, psicológicas, ideológicas, etc. que siendo específicas de la producción científica a su interior se deslizan las peculiaridades de la sociedad en que ella se desenvuelve.

Este conjunto de relaciones sujeto – sujeto son imprescindibles para la ciencia. Sin embargo, reducir las interacciones sujeto – sujeto al ámbito de las comunidades, es aún un enfoque restrictivo.

En haber promovido el análisis de tales entidades como portadoras del conocimiento radica el mérito y la limitación de Kuhn, muy especialmente en su obra *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Kuhn (1982) propone un modelo de desarrollo de la ciencia varios de cuyos aspectos destacaremos en otros apartados de este libro. Aquí sólo deseo destacar que en su modelo la comunidad científica se propone como sujeto de la actividad científica². Este punto de partida le va

² El término "comunidad científica" se utilizó por primera vez en una conferencia de M. Polanyi ante la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester en febrero de 1942. Polanyi veía la especificidad de la ciencia no en las relaciones teoría - experimento o en las construcciones intelectuales, sino en las relaciones entre los

a ofrecer la posibilidad de salir de un enfoque puramente inmanente de la ciencia y a permitirle ampliar el marco de su comprensión. En principio, si la ciencia se aprecia como actividad realizada por las comunidades científicas, entonces lo social y lo individual aparecen como elementos propios de la creación científica.

De esta forma Kuhn se manifiesta contra el neopositivismo y desarrolla una tesis opuesta al “tercer mundo” popperiano que priva a los conocimientos de sujetos portadores y los remite a un mundo platónico. Tampoco coincide con la noción de Lakatos (1983) sobre los Programas de Investigación pues como argumenta Kuhn con razón las teorías no planean por encima de las circunstancias sociales, esto es, los investigadores no se desenvuelven en un vacío social sino en el seno de comunidades que son las productoras y validadoras del conocimiento.

En su posdata de 1969 y en respuesta a numerosas críticas, Kuhn observa que de reescribirse el libro comenzaría por considerar la estructura comunitaria de la ciencia y señala que en gran parte del ensayo ha permanecido subyacente la noción intuitiva de comunidad que comparten extensamente científicos, sociólogos e historiadores: “Una comunidad científica consiste en quienes practican una especialidad científica. Hasta un grado no igualado en la mayoría de los otros ámbitos, han recibido una educación y una iniciativa profesionales similares” (p. 272).

Para Kuhn tanto la “ciencia normal” (períodos evolutivos) como la extraordinaria (períodos de transformaciones radicales, revolucionarias) son actividades basadas en comunidades. Son estas las que portan los paradigmas que, por tanto, en su sentido sociológico se pueden definir como “La constelación de creencias, valores, técnicas, etc., que comparten los miembros de una comunidad dada” (p. 269). Se trata de modelos explicativos, ejemplares compartidos con ayuda de los cuales las comunidades resuelven los problemas de la ciencia normal.

De esta forma, el paradigma cohesiona a los miembros de la comunidad, les proporciona determinado modo de ver el mundo, determinados patrones conceptuales a partir de los cuales investigan la realidad. Obviamente, ese modo de ver el mundo está íntimamente vinculado al contexto socio cultural más amplio donde se produce la ciencia. En Kuhn, sin embargo, esta noción se limita a sus componentes filosóficos y científicos, quedando sin resolver el problema. De igual modo, cuando considera los valores que comparten los miembros de las comunidades, se refiere a la preferencia por la exactitud, las determinaciones cuantitativas, la sencillez, coherencia y probabilidad de las explicaciones y sólo de pasada menciona como un valor la utilidad social de la ciencia (pp. 283-284).

Como consecuencia, en Kuhn la noción de ciencia como actividad que realizan las comunidades científicas permite la introducción de algunos factores socio-psicológicos en el análisis pero a la vez, la cohesión de las comunidades alrededor de determinados paradigmas les proporciona cierto aislamiento respecto a los contextos sociales. Para Kuhn este aislamiento se da, sobre todo, en las ciencias maduras, aquellas que en la expresión de Foucault han rebasado un cierto umbral de epistemologización.

La tesis de Kuhn subraya la autonomía relativa de la ciencia: podrán existir demandas sociales pero estas tienen que ser traducidas en términos de problemas científicos y por ello se exige su

científicos unidos sobre la base de la confianza en el carácter puramente humano de la actividad científica. (Ver Polanyi, M. (1951) *The Logic of Liberty*, Chicago).

incorporación al tejido conceptual de la ciencia que proviene del paradigma vigente. Pero aquí se absolutiza un lado de la dinámica más general: falta por considerar lo que Engels indicó claramente: una necesidad técnica impulsa más a la ciencia que diez universidades, es decir, no existe una acumulatividad de saber absolutamente al margen de las demandas sociales. Sobre todo en nuestros días el papel de tales exigencias en la dinámica de la ciencia, en la definición de la ciencia que ha de practicarse y por ende en el rumbo que ella ha de tomar, es decisivo.

En general el modelo kuhniano carece de una adecuada caracterización de lo social. Su noción de comunidad es intuitiva y sólo de modo impresionista la presente como factor en la incompatibilidad de los paradigmas. Su planteo queda a nivel de la intersubjetividad que aquí implica un control colectivo de la comunidad sobre sus resultados. Intersubjetividad institucional, es cierto, pero ello no lo conduce a buscar las raíces sociales que nutren la ciencia e influyen las relaciones intelectuales entre los científicos. Quedan planteadas las diferencias en términos de paradigmas distintos pero no se esclarecen las raíces sociales de esos conflictos. Queda “sin problematizar la forma básica en que se estructuran lo lógico y lo social en los conflictos” (García Canclini, 1981, p.25).

La comprensión de las interacciones sujeto – sujeto vinculadas a la ciencia debe ampliarse más allá de las comunidades; entre otras cosas ello significa relacionar las colectividades científicas agrupadas en instituciones con otros sujetos de la vida social, entre ellas las clases sociales. Estas, según sus intereses, en primer lugar económicos, y a la luz del proyecto político e ideológico que propugnan, definen su posición ante la ciencia, promoviendo, retardando, planteándole fines humanitarios o deshumanizados, confiriéndole un sentido social o elitista a su acción; en fin, las clases no sólo son sujeto de la política en un sentido estrecho sino que en la medida que la política asume a la ciencia como vehículo para materializar proyectos económicos, militares o de otra índole, la propia ciencia queda incorporada a ella como una de sus variables. La ciencia se presenta así como un valor social: ciencia para algo y ciencia para alguien. A ella se le asigna determinado interés e importancia, se le orienta en una u otra dirección, o simplemente se le menosprecia. En cualquier caso se manifiesta una definida proyección valorativa de las clases sociales respecto a la ciencia.

El enfoque de la ciencia como actividad presta especial atención a la institucionalización de la ciencia.

Como se ha visto, la actividad científica supone el establecimiento de un sistema de relaciones (informativas, organizativas, etc.) que hace posible el trabajo científico orientado a la producción, diseminación y aplicación de conocimientos. Garantizar ese sistema de relaciones es la tarea de las instituciones científicas. En tanto institución, la ciencia se presenta como un cuerpo organizado y colectivo de personas que se relacionan para desempeñar tareas específicas, que han seguido un proceso de profesionalización y especialización que los distingue de otros grupos sociales. El largo proceso de educación que ello implica supone no sólo la adopción de lenguajes compartidos así como métodos y técnicas, sino también, entre otras cosas, de la internalización por sus practicantes del ethos propio de la profesión, de los criterios de evaluación del trabajo científico, del estilo y la psicología que le es típico. Como toda institución tiene su ordenamiento interior con la consiguiente jerarquización y distribución de funciones.

La historia y el funcionamiento contemporáneo de las instituciones científicas transparentan claramente su condicionamiento social. Desde la Royal Society de Londres y la Academia de

Ciencias de París, creadas durante el siglo XVII y que sirvieron en cierto sentido de modelos a las instituciones que se crearon en los siglos siguientes, hasta los modernos laboratorios, sociedades académicas y organismos gubernamentales dedicados a realizar, organizar y promover el trabajo científico, su difusión y aplicación, la historia revela una línea ascendente de comprometimiento de las estructuras políticas y económicas de la sociedad con la institucionalidad de la ciencia. Un hito fundamental lo marcó la Segunda guerra Mundial y la generalización de la práctica gubernamental de establecer políticas para la ciencia y la tecnología.

Lo curioso es que esta misma historia de comprometimiento está asociada a la génesis y extensión paralela de una ideología propia de algunos medios académicos según la cual la ciencia debe permanecer al margen de los conflictos sociales y los científicos –especie de sacerdotes en esta perspectiva- sólo tienen como función la de producir saber objetivo, neutral, sin que su trabajo sea influido por la sociedad. Con ello, desde luego, la responsabilidad social de los científicos es negada.

Sin entrar en detalles, esta respuesta de la comunidad científica (ya apreciable en el manifiesto constituyente de la Royal Society) está animada más por el temor a la acción sobre ellos de agentes y valores sociales (políticos, religiosos, económicos) que por la convicción de que ellos son irrelevantes (Mendelsohn, 1982).

Diversos autores han argumentando que la acentuada separación de la ciencia de la política, la moral, los movimientos por reformas sociales y la religión, se debió sobre todo a situaciones sociales, al medio absolutista donde se producía la institucionalización de la ciencia. Paradójicamente, fue por razones sociales que se formó el postulado normativo de la neutralidad de la ciencia.

Este postulado se acentuó con el proceso de profesionalización del trabajo científico. Fue en las primeras décadas del siglo XIX que los filósofos naturales pasaron a llamarse científicos; en ese mismo plazo fue cambiando el tono de las publicaciones científicas, abandonando su tono especulativo, mezcla de ideas normativas y hechos, haciéndose más riguroso. El estilo sobrio, el dominio de los hechos pasaron a ser el signo distintivo del científico. Fue acentuándose la idea de "librar de valores" a la ciencia, tesis que sería sancionada por la filosofía neopositivista de inicios de siglo con énfasis en el neopositivismo de las décadas del 30 y el 40. La interpretación estrechamente funcional del científico como simple portador de saber especializado, ajeno a la esfera de los valores, apareció en determinada etapa del desarrollo de la ciencia, bajo condiciones sociales e históricas definidas.

Desde luego que el planteamiento de la dialéctica de lo cognoscitivo y lo valorativo en la producción científica no persigue restituir la especulación y la falta de profesionalidad. Exige, eso sí, ofrecer una imagen más exacta de la multitud de factores que influyen en este problema, y la necesidad de abrir la discusión sobre la regulación valorativa óptima. En las condiciones de la universalización de la intervención estatal y empresarial en el desarrollo científico técnico queda poco espacio para defensa de la neutralidad de la ciencia, aunque la ideología que la sustenta persiste hasta hoy.

Como venimos comentando, la comprensión de la ciencia como un tipo de actividad social tiene consecuencias metodológicas relevantes, algunas de las cuales ya hemos expuesto.

Ahora quiero agregar que el enfoque de la ciencia como actividad ofrece un excelente punto de partida para explorar sus relaciones con el marco cultural en que ella actúa. Lamentablemente las ideas de ciencia y cultura han estado a menudo disociadas. No lo deberían estar si como Furtado (1979) interpretamos la cultura como el espacio de toda la actividad creadora de los hombres, expresiva de su libertad. Examinar los rumbos de la creatividad y sus obstáculos es decisivo para entender las diferentes sociedades, sus tendencias de desarrollo, su vitalidad y capacidad de respuesta al reto que plantea el ambiente físico y social y las relaciones competitivas o hegemónicas que entre ellas se establecen. Para responder a esta expectativa, la cultura deberá pensarse como el proceso de asimilación, producción, difusión y asentamiento de ideas y valores en que se funda la sociedad; es el conjunto de representaciones colectivas, creencias, usos del lenguaje, difusión de tradiciones y estilos de pensamiento que articulan la conciencia social, es el ámbito en que se producen y reproducen nuestras formas de vida y nuestra ideología; vista así la cultura es un mecanismo de regulación social.

En el interior de la cultura, la ciencia se comporta como una subcultura sostenida por la actividad comunal de grupos practicantes (Kuhn). El que toma el camino de la ciencia se incorpora a un tipo de subcultura, la científica, distinguibles de las demás (la religión, por ejemplo). Como cualquier otra, ella porta sus propios ritos, jerarquías, estándares, autoritarismos, controles, etc. No es un mundo donde el talento florece sólo por incentivos personales, sino que resulta de la educación que tiene lugar en el interior de esa subcultura.

Pero esa subcultura no está desconectada de las determinaciones culturales de la sociedad global donde la ciencia actúa. Seguramente fenómenos perceptibles en la ciencia contemporánea como la superespecialización, burocratización, autoritarismo, competición, cooptación por parte de las empresas militar e industrial, entre otros, no pueden comprenderse sino a partir de los rasgos y tendencias que tipifican el medio socio cultural donde esa ciencia opera. (Vessuri, 1986 y 1987)

De los razonamientos precedentes debe derivarse la siguiente conclusión: la idea de la ciencia como un conjunto de conocimientos objetivos (teoremas, leyes, métodos, técnicas, etc.) adquiridos por la humanidad, que se incrementa de forma acumulativa y de facto contribuye al progreso social es una representación superficial de corte científicista. Próxima a ella es también la idea de la ciencia dotada de un espacio autónomo en relación de exterioridad con el contexto social con el cual se limita a mantener relaciones de aplicación (aunque sean bilaterales), por lo que estas dos instancias influirán "a distancia" la una con la otra.

En lugar de ambas tesis "hay que partir, pues, de la idea de que la producción científica ocupa un lugar bien determinado en la sociedad que condiciona sus objetivos, los agentes y el modo de funcionamiento. Práctica social entre otras, irremediamente signada por la sociedad en la que se inserta, contiene todos los rasgos y refleja todas las contradicciones, tanto en su organización interna como en sus aplicaciones [...] Se trata pues de verdaderas relaciones de constitución entre la ciencia y la sociedad" (Levy-Leblond, 1980, p.25).

En la explicación de la ciencia hay que evitar las dos posiciones extremas que Foucault denomina "extrapolación genética reduccionista" y "extrapolación epistemológica reduccionista". En la primera se privilegia el efecto de las fuerzas y dinámicas socioeconómicas sobre el cambio científico, mientras que en la segunda se acepta la autodeterminación de la ciencia y con ello su autonomía.

La alternativa a ellas es un enfoque que englobe dialécticamente dos movimientos aparentemente contradictorios. Por una parte debe sostenerse que la ciencia no es una entidad autónoma, determinada por sí misma. Ella, como se ha dicho, es una dimensión de un mundo real en cambio y está marcada por la sociedad en que se inserta; en sus fines y agentes, en sus modos de organización y funcionamiento, en sus resultados y usos, en los valores que le comunica. La ciencia está anclada en las demás actividades e instituciones sociales: las fuerzas, actores, relaciones, estructuras, procesos actuantes en la sociedad condicionan la emergencia, perduración, crecimiento, orientación y decadencia de la ciencia. Ellos no son el escenario donde actúa la ciencia sino que afectan directamente su constitución y actividades.

Por otra parte debe admitirse que la ciencia es un fenómeno sociocultural complejo que posee sus propias fuerzas motrices, lo que impide hablar de un condicionamiento casual lineal y mecánico entre la sociedad y la ciencia. De tal forma ella posee su especificidad, autonomía relativa, eficacia propia, capacidad de influencia sobre las restantes actividades e instituciones sociales. En su maduración y progreso la ciencia puede crear potencialidades que trascienden las expectativas que de ellas tienen los agentes y estructuras sociales que la fomentan o al menos toleran. En su capacidad de penetración de la vida material y espiritual de la sociedad la ciencia puede devenir un factor decisivo de ésta.

Al final de este recorrido es posible recurrir a una definición de ciencia que en alguna medida resuma la diversidad de aspectos relevantes de la ciencia que hasta aquí hemos discutido. Situado explícitamente en la tradición de Marx, Kröber (1986) resume el tema así: "entendemos la ciencia no sólo como un sistema de conceptos, proposiciones, teorías, hipótesis, etc., sino también, simultáneamente, como una forma específica de la actividad social dirigida a la producción, distribución y aplicación de los conocimientos acerca de las leyes objetivas de la naturaleza y la sociedad. Aún más, la ciencia se nos presenta como una institución social, como un sistema de organizaciones científicas, cuya estructura y desarrollo se encuentran estrechamente vinculados con la economía, la política, los fenómenos culturales, con las necesidades y las posibilidades de la sociedad dada" (p.37).

De la técnica a la tecnología.

En el apartado anterior hemos tratado de presentar una cierta imagen de la ciencia que nos aproxime a su comprensión y en particular que nos permita comprender su naturaleza social. Ahora nos detendremos en las nociones de técnica y tecnología.

Como vimos antes, la idea de técnica está asociada habitualmente al hacer, al conjunto de procedimientos operativos útiles desde el punto de vista práctico para determinados fines. En una forma muy primaria y elemental, asociamos ciencia al *conocer* y técnica al *hacer*. Por las explicaciones anteriores debe haber quedado claro que esta idea de ciencia como teorización, como conocimiento puro ha quedado desplazada como una visión que integra las diversas dimensiones del trabajo científico. No obstante, puede admitirse que conocer, explicar, son atributos incuestionables de la ciencia. De igual modo, las técnicas, aunque en mayor o menor medida estén respaldadas por conocimientos, su sentido principal es realizar procedimientos y productos y su ideal es la utilidad.

Más adelante intentaré insistir en que el feedback entre ciencia y tecnología contemporáneos hace borrosos esos límites entre conocer y hacer. La noción de tecnociencia contribuirá a ese fin.

Sin embargo, provisionalmente, y con el fin de discutir las nociones de técnica y tecnología, se puede admitir inicialmente que la técnica se refiere al *hacer eficaz*, es decir, a reglas que permiten alcanzar de modo correcto, preciso y satisfactorio ciertos objetivos prácticos (Agazzi, 1996, p.95). De inmediato es preciso advertir que de igual modo que la ciencia, vinculada al saber, ha experimentado profundas transformaciones en su evolución, la técnica ha sufrido un proceso de diferenciación que ha dado lugar a la tecnología que "constituye aquella forma (y desarrollo histórico) de la técnica que se basa estructuralmente en la existencia de la ciencia" (idem).

Desde esta perspectiva la tecnología representa un nivel de desarrollo de la técnica en la que la alianza con la ciencia introduce un rasgo definitorio.

De igual modo que la ciencia contemporánea no cancela otras formas de conocimiento y saber, sino que coexiste con ellas, la aparición de la moderna tecnología no elimina la existencia de muchas otras dimensiones de la técnica cuya relación con el conocimiento científico no tiene el mismo carácter estructural.

Al establecer distinciones entre técnica y tecnología, hay que tomar en cuenta sus usos en diferentes lenguas. En inglés, por ejemplo, *technology* es el vocablo más usado y envuelve los significados que aquí atribuimos a técnica y tecnología. El vocablo *technics*, de escaso uso, designa pormenores y metodologías utilizadas en determinadas actividades. En francés, por el contrario, *technique*, es el vocablo dominante, en tanto *technologie* se considera más bien un anglicismo no muy recomendable (ibid, p.96).

En español se utilizan ambos vocablos lo que parece aconsejar que los utilizemos con significados diferenciados. En sentido lato la técnica constituye un conjunto de procedimientos operativos útiles para ciertos fines prácticos. Son descubrimientos sometidos a verificación y mejorados a través de la experiencia, constituyendo un saber cómo que no exige necesariamente un saber por qué.

Sin embargo, a partir del siglo VI antes de nuestra era, en el seno de la civilización helénica, se produjo la notable innovación que consistió en "la búsqueda del por qué" (ibid, p.98). En la búsqueda nacieron, juntos e indiferenciados, la filosofía y la ciencia, preocupados por las razones de la existencia y la constitución del cosmos. Esa indagación del por qué de los procedimientos eficaces que el hombre utilizaba originó el nacimiento de la noción de *téchne* "que es precisamente la de un operar eficaz que conoce las razones de su eficacia y sobre ellos se funda" (ibid, p.99).

La noción de *téchne* guarda semejanza con la idea de tecnología, pero son diferentes. La idea griega de *téchne* expresa la necesidad de poseer una conciencia teórica que permita justificar el saber práctico que ya está constituido, lo que favorece su consolidación. Sin embargo, la *téchne* no supone la capacidad de producir nuevo saber hacer, ni mejora la eficacia operativa del existente. A la *téchne* la conduce un propósito de inteligibilidad (semejante a la episteme o saber puro) más que de eficacia. Esto es normal porque "la idea de un saber que ha de ser puesto en servicio de la práctica es extraña a la sensibilidad cultural clásica [...]. A este modo de concebir el saber se acompañaba igualmente un cierto modo de concebir el mundo y la naturaleza: ambos se consideraban como algo que constituía para el hombre un objeto de conocimiento y no de intervención, una realidad a la cual es razonable, útil y sabio, adecuarse, y no una realidad que se manipula y transforma según el capricho o los intereses del hombre". (ibid, p.100).

Como se sabe el pensamiento griego menospreciaba la técnica, lo práctico y consideraba superior la vida contemplativa o teórica. Platón y Aristóteles propusieron que ningún trabajador manual pudiera ser ciudadano; el trabajo artesanal y manual es vergonzoso y deformador (Hottois, 1991, p.11).

Aquí encontramos un de los orígenes remotos del privilegio concedido a la ciencia como teoría más que como práctica social y también una de las razones del énfasis excesivo en la diferenciación entre ciencia y técnica (o tecnología) que hasta hoy nos acompaña. Sobre esto volveremos después.

El Renacimiento marcó un punto de viraje al establecer el primado del hombre sobre la naturaleza. El dominio del hombre exige del conocimiento, de un saber útil. Con ello la idea de un saber desinteresado va a ir cediendo paso a la idea de un saber útil, orientador de una práctica de dominio de la naturaleza. La nueva ciencia natural alimenta el proyecto de aprovechar el descubrimiento de leyes naturales para dominar la naturaleza. Más aún, esos conocimientos permitieron *inventar* máquinas que se basan en proyectos racionales sustentados en la nueva ciencia, abstracta y matematizada; esas particularidades son las que le permiten proyectar instrumentos y prácticas, es decir, inventar.

Es ese proceso de articulaciones renovadas entre conocimiento teórico, abstracto, matemático y creación de equipos, aparatos, máquinas, lo que permite el tránsito a la tecnología: la técnica se enriquece en virtud de su ascensión dentro de un nuevo horizonte de racionalidad, la racionalidad científica, alimentada de un móvil utilitario.

En efecto, la nueva ciencia vino a proporcionar posibilidades inéditas a la técnica. Sin embargo, debe insistirse en otro ángulo de esa relación: en gran medida esa creencia fue posible por su estrecha relación con los desarrollos técnicos y sus demandas. "El proceso de teorización de la mecánica dinámica, en especial de la balística ingenieril del Renacimiento, será uno de los desencadenantes de la ciencia moderna" (Medina, 1995b, p.18). La mecánica de las máquinas de tiro experimentó grandes avances en la Edad Media con la introducción del trabuco o catapulta de contrapeso y del cañón. A diferencia de la ingeniería clásica, dedicada a la producción de artefactos, la balística ingenieril renacentista se interesó por los problemas del uso de estos, es decir, problemas de tiro. Los problemas de la balística movieron a Galileo a ocuparse de la caída de los graves. "La ciencia moderna es, pues, el resultado del reencuentro renacentista entre la antigua tradición teórica científica y la tradición operativa inmanente en la mecánica ingenieril. Ambas tradiciones confluyen en los ingenieros - académicos como Galileo, concedores entusiastas, por un lado, de la ciencia antigua y de los tratamientos teóricos medievales de cuestiones mecánicas, y poseedores, por otro, de amplios conocimientos e intereses técnicos". (ibid, pp.18-19).

En consecuencia, en los comienzos de la ciencia moderna, desde el siglo XV al XVII, se produjeron transformaciones notables cuyas consecuencias se prolongan hasta hoy.

Hottois resume ese proceso como un desplazamiento de la ciencia antigua (a la cual denomina logoteórica), de la ciencia aristotélico-tomista, y su sustitución por un proyecto de ciencia orientado a la operatividad que él llama "tecnomatématica". El ideal de la ciencia antigua consistente en constituir un cuerpo lógicamente organizado, apoyado en definiciones que nos hablan de los seres y las cosas, y en principios a partir de los cuales se procede deductivamente, ofrece una imagen del mundo de indudable valor, pero que al mismo tiempo es bastante poco operativa. Esa imagen logoteórica no permite la predicción ni la intervención efectiva en lo real. En cambio, las dos

grandes características de la ciencia moderna son la matematización y la experimentación, las que le permiten convertir al mundo en un gran campo de acción. Se trata de una ciencia operativa que permite cálculos, predicciones, actuación: "La característica fundamental de la ciencia moderna es la tecnomatemática, es decir, la operatividad" (Hottois, 1991, p.18).

Francis Bacon, ideólogo de la nueva ciencia ridiculizaba a los filósofos aristotélicos que no se atrevían a actuar sobre la naturaleza, dedicados a la contemplación. Ahora se trataba de conquistarla y someterla.

Como vemos, los procesos descritos conducen a cambios profundos en las relaciones entre ciencia y técnica. La técnica se inscribe en un nuevo horizonte de racionalidad científica, en tanto la propia racionalidad científica, sus modalidades y fines, experimenta cambios notables.

La definición de tecnología.

En un apartado anterior hemos intentado ofrecer diversos elementos que permiten comprender el fenómeno que llamamos ciencia, insistiendo en su naturaleza social. Como pudo apreciarse, una cierta concepción tradicional de la ciencia de raíz positivista trae consigo el ocultamiento del carácter social de la misma.

También en relación con la tecnología puede ocurrir algo semejante. Hay por lo menos un par de imágenes de la tecnología que limitan su comprensión: la imagen intelectualista y la imagen artefactual (González García, et.al, 1996).

En la primera, la tecnología se entiende apenas como ciencia aplicada: la tecnología es un conocimiento práctico que se deriva directamente de la ciencia, entendida esta como conocimiento teórico. De las teorías científicas se derivan las tecnologías, aunque por supuesto pueden existir teorías que no generen tecnologías. Una de las consecuencias de este enfoque es desestimar el estudio de la tecnología; en tanto la clave de su comprensión está en la ciencia, con estudiar esta última será suficiente. "La imagen ingenua de la tecnología como ciencia aplicada sencillamente no se adecua a todos los hechos. Las invenciones no cuelgan como frutos del árbol de la ciencia" (Price, 1980,p.169).

En el enfoque intelectualista la inexorabilidad del desarrollo científico (sucesión de teorías, ideas, en la perspectiva más tradicional) genera una lógica de transformaciones tecnológicas también inexorable. Con ello, cualquier consideración sobre los condicionamientos sociales del desarrollo tecnológico y las alternativas éticas que él envuelve queda fuera de lugar.

Mientras tanto, la imagen artefactual o instrumentalista (González García, et.al., p.130) aprecia las tecnologías como simples herramientas o artefactos. Como tales ellas están a disposición de todos y serán sus usos y no ellas mismas susceptibles de un debate social o ético. En virtud de esta imagen comúnmente se acepta que la tecnología puede tener efectos negativos (contaminantes, por ejemplo) pero ello seguramente se debe a algo extrínseco a ella: la política social o algo semejante. Con ello la propia tecnología y su pertinencia económica, ética, cultural o ambiental queda fuera de la discusión.

Es obvio que como mínimo la imagen artefactual reduce considerablemente el ámbito de la evaluación de tecnologías. En el caso más extremo no priva de la capacidad de discutir los fines

sociales y humanos que deben modelar el desarrollo tecnológico. Esa visión reduccionista de la tecnología impide su análisis crítico e ignora los intereses sociales, económicos y políticos de aquellos que diseñan, desarrollan, financian y controlan la tecnología.

Mockus (1983) ofrece una alternativa a las imágenes anteriores. En relación con la producción industrial indica que las decisiones que ahí se adoptan dependen cada vez menos del conocimiento empírico y más de los conocimientos científicos. La ciencia se encarga de la "exploración racional de lo posible" (p.44), mientras queda pendiente derivar lo real de lo posible a través de la selección de la variante óptima. Esa es la tarea de la tecnología: la búsqueda sistemática de lo óptimo dentro de un campo de posibilidades. Así, la tecnología no se identifica con algunos productos ni tampoco con la ciencia aplicada. Hay decisiones y acciones propiamente tecnológicas influidas por un criterio de optimización inevitablemente afectado por circunstancias sociales. Por ejemplo, industrializar la agricultura no es simplemente introducir equipos y maquinarias, es sobre todo algo que se basa en una comprensión de la naturaleza y de la acción humana sobre ella y se adoptan decisiones que parten de racionalidades económicas y sociales, de valores e intereses.

La tecnología no es un artefacto inocuo. Sus relaciones con la sociedad son muy complejas. De un lado, no hay duda de que la tecnología está sujeta a un cierto determinismo social. La evidencia de que ella es movida por intereses sociales parece un argumento sólido para apoyar la idea de que la tecnología está socialmente moldeada.

Pero también es importante visualizar el otro lado de la relación entre tecnología y sociedad. Para ello hay que detenerse en las características intrínsecas de las tecnologías y ver cómo ellas influyen directamente sobre la organización social y la distribución de poder. Un ejemplo tomado de la planificación urbana puede ilustrar esto (González García, et.al, 1996, pp.130-132). "Un artefacto tan aparentemente inocuo como un puente puede estar cargado de política, tal como muestra Langdon Winner (1986) ³ en su conocido ejemplo de los puentes de Long Island, Nueva York. Muchos de los puentes sobre paseos de Long Island son notablemente bajos, con apenas tres metros de altura. Robert Moses, arquitecto de la ciudad de Nueva York responsable de esos puentes, así como de otros muchos parques y carreteras neoyorkinas desde 1920, tenía un claro propósito al diseñar los doscientos pasos elevados de Long Island. Se trataba de reservar los paseos y playas de la zona a blancos acomodados poseedores de automóviles, las clases acomodadas que Francis Scott Fitzgerald describe en *El Gran Gatsby* (1925). Los autobuses que podían transportar a pobres y negros, con sus cuatro metros de altura, no eran capaces de llegar a la zona. Más adelante, Moses se aseguró de ello al vetar una propuesta de extensión del ferrocarril de Long Island hasta Jones Beach".

Las consecuencias políticas y sociales de la energía nuclear, las telecomunicaciones, las políticas tributarias, son, entre muchos, ejemplos del notable impacto social de la tecnología en los estilos de vida, en las relaciones interpersonales, en los valores, en las relaciones de poder.

En la civilización tecnológica que vivimos la tecnología es una red que abarca los más diversos sectores de la actividad humana "un modo de vivir, de comunicarse, de pensar, un conjunto de condiciones por las cuales el hombre es dominado ampliamente, mucho más que tenerlos a su disposición" (Agazzi, 1996, p.141).

³ Se refiere a *The Whale and the reactor*, University of Chicago Press, Chicago. Hay traducción al español *La ballena y el reactor*, Editorial Gedisa, Barcelona, 1987.

Las imágenes artefactual e intelectualista de la tecnología nos llevan de la mano a una concepción de su evolución vista como un proceso autónomo ante el cual es posible asumir posiciones tecno-optimistas o tecno-catastróficas, según sea la visión positiva o no del papel de la tecnología en la evolución social. Para ambas la tecnología está fuera de control y sólo cabe esperar que su desarrollo termine por dominarnos completamente y deshumanizarnos (catastrofismo) o dejar que se expanda su acción benefactora y desear que nos alcance a todos (optimismo). En el primer caso el desenlace fatal habrá que evitarlo destruyendo la tecnología; en el segundo, adaptarlo todo a las exigencias de la tecnología y dejar que se imponga su racionalidad.

Ambas posturas perjudican la adopción de actitudes sensatas en términos económicos, políticos y culturales respecto a temas cruciales como la evaluación de tecnologías, las políticas tecnológicas, la transferencia de tecnologías, entre otros. Ellas descontextualizan a la tecnología e ignoran las redes de intereses sociales que informan su desarrollo por lo que ofrecen pocas posibilidades al debate sobre los fines sociales del desarrollo tecnológico.

La superación de la tesis de la autonomía de la tecnología pasa por desbordar la concepción estrecha de la tecnología como un conjunto de artefactos construidos a partir de teorías científicas. La tecnología, más que como un resultado, único e inexorable, debe ser vista como un proceso social, una práctica, que integra factores psicológicos, sociales, económicos, políticos, culturales; siempre influido por valores e intereses.

Las muy diversas definiciones de tecnología existentes, demuestran su complejidad. Repasemos algunas de ellas.

Según Price (1980) "Definiremos la tecnología como aquella investigación cuyo producto principal es, no un artículo, sino una máquina, un medicamento, un producto o un proceso de algún tipo" (p.169).

Para Quintanilla (1991) "los términos 'técnica' y 'tecnología' son ambiguos. En castellano, dentro de su ambigüedad, se suelen usar como sinónimos [...] se tiende a reservar el término 'técnica' para las técnicas artesanales precientíficas, el de 'tecnología' para las técnicas industriales vinculadas al conocimiento científico [...] Los filósofos, historiadores y sociólogos de la técnica se refieren con uno u otro término tanto a los artefactos que son producto de una técnica o tecnología como a los procesos o sistemas de acciones que dan lugar a esos productos, y sobre todo a los conocimientos sistematizados (en el caso de las tecnologías) o no sistematizados (en el caso de muchas técnicas artesanales) en que se basan las realizaciones técnicas. Por último, el concepto de técnica se usa también en un sentido muy amplio, de forma que incluye tanto actividades productivas, artesanales o industriales como actividades artísticas o incluso estrictamente intelectuales, como la técnica para hallar la raíz cuadrada. (p.33) .

Este autor también define tecnología como "técnicas industriales de base científica. Para estas reservamos el término tecnología". (p.33) y también: "Las tecnologías son complejos técnicos promovidos por las necesidades de organización de la producción industrial, que promueven a su vez nuevos desarrollos de la ciencia" (p.42).

Sábato y Mackenzie (1982) definen tecnología a partir de la noción de "paquete" el cual subraya el carácter de sistema de los conocimientos que conforman la tecnología. "Tecnología es un paquete

de conocimientos organizados de distintas clases (científico, técnico, empírico) provenientes de distintas fuentes (ciencias, otras tecnologías) a través de métodos diferentes (investigación, adaptación, desarrollo, copia, espionaje, etc." (p.30).

Según nuestro punto de vista, un análisis social de la tecnología debe hacer explícitos otros elementos no contenidos en las definiciones anteriores. Para esto sirve la definición de Pacey (1990). Este autor considera que existen dos definiciones de tecnología, una restringida y otra general. En la primera se le aprecia sólo en su aspecto técnico: conocimiento, destrezas, herramientas, máquinas. La segunda incluye también los aspectos organizativos: actividad económica e industrial, actividad profesional, usuarios y consumidores, y los aspectos culturales: objetivos, valores y códigos éticos, códigos de comportamiento. Entre todos esos aspectos existen tensiones e interrelaciones que producen cambios y ajustes recíprocos.

Pacey sugiere que el fenómeno tecnológico sea estudiado y gestionado en su conjunto, como una práctica social, haciendo evidentes siempre los valores culturales que le subyacen. Las soluciones técnicas deben ser consideradas siempre en relación con los aspectos organizativos y culturales. En otros términos, las soluciones técnicas son sólo un aspecto del problema; hay que observar también los aspectos organizativos y los valores implicados en los procesos de innovación, difusión de la innovación, transferencia de tecnología. La superación del enfoque estrictamente técnico conduce de paso a definir con mayor precisión el papel de los expertos y a aceptar que en tanto proceso social, como experimento social que representa todo cambio tecnológico de cierta envergadura, es imprescindible tomar en cuenta la participación pública, las expectativas, percepciones y juicios de los no expertos quienes también participarán del proceso tecnológico.

La naturaleza social de la tecnología puede ser subrayada a través de la noción de sociosistema (González García, et.al, 1996, pp.140-145) en analogía con el concepto de ecosistema utilizado en ecología. Se conoce el delicado equilibrio de los ecosistemas; la introducción o supresión de una nueva especie animal o vegetal puede provocar inestabilidades e incluso catástrofes. De modo semejante, las tecnologías, entendidas como prácticas sociales que involucran formas de organización social, empleo de artefactos, gestión de recursos, están integradas en sociosistemas dentro de los cuales establecen vínculos e interdependencias con diversos componentes de los mismos. En consecuencia, la transferencia de tecnologías, los procesos de difusión tecnológica pueden generar alteraciones en los sociosistemas semejantes a los que ocurren en los ecosistemas cuando alteramos el equilibrio que los caracteriza. El intento conocido de controlar la natalidad en países carentes de hábitos, cultura y sistemas sanitarios apropiados a través de la transferencia de dispositivos intrauterinos de amplio uso en sociedades donde las condiciones sanitarias y culturales son bien distintas con el consiguiente costo de vidas humanas, es un ejemplo claro de la pertinencia de la noción de sociosistema. No importa sólo el artefacto, hay que tomar en cuenta el sociosistema real donde deberá funcionar.

El ejemplo anterior también ilustra la necesidad de contar con la participación pública y la reacción de las personas afectadas cuando se pretende introducir una novedad tecnológica. "La tecnología, por tanto, no es autónoma en un doble sentido: por un lado no se desarrolla con autonomía respecto a fuerzas y factores sociales, y, por otro, no es segregable del sociosistema en que se integra y sobre el que actúa (como elemento que es de su sociosistema, su aplicación a otros sociosistemas diferentes puede acarrear problemas y efectos imprevistos). La tecnología forma una parte integral de su sociosistema, contribuye a conformarlo y es conformada por él. No puede, por

tanto, ser evaluada independientemente del sociosistema que la produce y sufre sus efectos". (ibid, p.142).

La naturaleza de la Tecnociencia.

La ciencia contemporánea, según hemos visto, se orienta cada vez más a objetos prácticos, a fomentar el desarrollo tecnológico y con este la innovación. Es notable también el soporte tecnológico de buena parte de la investigación científica; su realización sólo es posible en virtud de la existencia de un equipamiento tan sofisticado como caro, el cual además influye en el curso mismo de la investigación, en lo que contará como hecho científico, en las posibilidades y modalidades de acceso a los objetos investigados. La presencia progresiva de la experimentación a partir del siglo XVII y la complejidad creciente de los recursos y habilidades técnicas que ellas reclaman, determinan que la relación del investigador con los procesos que estudia es cada vez más mediada por toda una extensa red de dispositivos tecnológicos. Lo que se puede investigar y las conclusiones que es posible alcanzar sobre los procesos estudiados con frecuencia es altamente dependiente de la tecnología disponible.

La sociedad tecnológica contemporánea ha colocado a una buena parte de la ciencia en función de prioridades tecnológicas. Según UNESCO (1996) la investigación básica representa menos del 20% de la investigación que se hace en los países desarrollados. Según esa misma fuente, las empresas son las que están corriendo hoy con una buena parte del gasto en I+D e incluso con la ejecución de las investigaciones. Obsérvese que hasta la ciencia básica (si aún este término es sostenible) se caracteriza por una alta sofisticación tecnológica. Estas realidades colocan a la ciencia en una relación inédita con la tecnología y es de suponer que esta situación siga afirmándose.

A su vez, la tecnología, como hemos visto, es cada vez más dependiente de la actividad y el conocimiento científico.

Todo esto sugiere que los clásicos límites atribuidos a ciencia y tecnología se están volviendo borrosos y aún más, disolviéndose. Estamos frente a un complejo ciencia - tecnología donde como dice Barret: "El guión que une los términos de 'ciencia - tecnología' indica esa unión esencial [...] La nueva ciencia es, por su esencia, tecnológica" (citado en Hottois, 1991, p.21).

Hottois (ibid) incluye un razonamiento del J.J. Salomón que reproduzco a continuación: "La ciencia pura no es sino un elemento entre los varios que constituyen las actividades de investigación: no tiene por que ocupar un lugar prioritario en el camino que conduzca a la resolución de los enigmas del universo. Toda la investigación contemporánea se produce en un vaivén entre el concepto y la aplicación, entre la teoría y la práctica, en palabras de Bachelard, entre 'el espíritu trabajador y la materia trabajada'. En esa relación, la teoría es la instancia primera de la techne, más en sentido cronológico que jerárquico y sin que sus prioridades epistemológicas sean una constante respecto a los logros técnicos que las fundan; las conquistas de la ciencia pasan también por las de la tecnología. La experiencia de la guerra y, más recientemente, las investigaciones espaciales por los grandes laboratorios industriales (los Bell Laboratories, la General Electric, el Du Pont o la IBM) son una muestra de que si bien el desarrollo técnico depende estrechamente de la ciencia pura, el progreso de la ciencia depende también, muy estrechamente, de la técnica. 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 es tan tenue que no se puede distinguir entre la actitud del espíritu del científico y las del ingeniero, ya que existen casos intermedios" (p.21).

El término tecnociencia es precisamente un recurso del lenguaje para denotar la íntima conexión entre ciencia y tecnología y el desdibujamiento de sus límites⁴. El término tecnociencia no necesariamente conduce a cancelar las identidades de la ciencia y la tecnología, pero sí nos alerta que la investigación sobre ellas y las políticas prácticas que respecto a las mismas implementemos tienen que partir del tipo de conexión que el vocablo tecnociencia desea subrayar.

Se trata de tomar conciencia de la naturaleza tecnocientífica de la actividad científica y tecnológica contemporánea. La Biotecnología, la Farmacología, la Química Sintetética serían algunos ejemplos, entre muchos, que ilustran la naturaleza de la tecnociencia.

Sin eliminar las identidades de ciencia y tecnología, la idea de tecnociencia tiene consecuencias fundamentales para nuestros análisis.

En esta perspectiva la intencionada separación entre contemplación teórica y práctica, acompañada del privilegio de la primera, es desplazada por una actitud esencialmente activa donde la representación teórica es puesta al servicio de la actividad manipulativa. "Los términos 'tecnociencia' y 'tecnocientífico' señalan, a la vez, el entrelazamiento entre los dos polos y la preponderancia del polo técnico y, además, son apropiados para designar la actividad científica contemporánea en su complejidad y originalidad" (Hottois, p.26). En otros términos, no se trata sólo de insistir en las interrelaciones, sino incluso de colocar el polo técnico o tecnológico como preponderante.

Las tecnociencias no sólo indagan procesos naturales sino cada vez más objetos y procesos que la propia instrumentalización de la investigación ha hecho posible. De igual modo los resultados de la investigación son evaluados principalmente por criterios de eficacia manipulativa, de operatividad, y sólo a través de ellos puede juzgarse el valor de verdad de los conocimientos implicados.

La idea de tecnociencia subraya también los complejíssimos móviles sociales que conducen el desarrollo científico-tecnológico. El papel de los intereses sociales en la definición de su curso es tanto más claro en la medida que la dimensión tecnológica pasa a ser preponderante. Una consecuencia de ello es la colocación en primer plano de los dilemas éticos. Manipular, modificar, transformar, son acciones que comportan siempre dudas acerca de los límites de lo moralmente admisible.

Observación final.

La sociedad contemporánea está sometida a numerosos impactos por la tecnociencia; impactos económicos, culturales y de todo orden. Muchas personas se dedican a la tecnociencia y prácticamente todos los ciudadanos del planeta experimentan sus efectos. Sin embargo con frecuencia manejamos en relación con ciencia y tecnología conceptos que difícilmente dan cuenta

⁴ Aunque el término tecnociencia se utiliza preferentemente para designar la cualidad de la ciencia contemporánea, no hay problema en admitir que al menos desde fines del siglo XIX existen procesos de tecnocientificación. Es el caso de la química sintética y la física centrada en la termodinámica, la electricidad, el magnetismo y posteriormente los efectos radiactivos. (Medina, 1995, p.20).

de la naturaleza social de ambas. Modificar esos conceptos, enriquecer nuestra visión social de la tecnociencia parece ser una obligación de los sistemas educativos formales e informales.

Espero que los conceptos de ciencia, técnica, tecnología y tecnociencia discutidos en este ensayo tengan alguna capacidad de enriquecer las prácticas educativas que sobre ellos descansan.

Bibliografía

Agazzi, E. (1996): *El bien, el mal y la ciencia*, Editorial Tecnos, S.A., Madrid.

Barnes, B (compilador) (1980): *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Alianza Universidad, Madrid.

Barnes, B (1995): *Sobre ciencia*, RBA Editores, S.A., Barcelona.

Bernal, J.D. (1954): *La ciencia en su historia*, Tomo I, Dirección General de Publicaciones, UNAM, México.

Bijker, W; Th. Hughes; T. Pinch (1989) (editors): *The social construction of technological systems*. The MIT Press.

Furtado, C. (1979): *Creatividad y dependencia*, Siglo Veintiuno Editores, México.

García Canclini, N. (1981): "Conflicto entre paradigmas", *Dialéctica*, N° 10, México.

González García, M; López Cerezo, J.A; Luján, J. (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Tecnos, Madrid.

Hottois, G.(1991): *El Paradigma Bioético*, Anthropos, Barcelona.

Kelle, V.Zh. (1978): "Problemas metodológicos de la investigación compleja del trabajo científico", *Problemas de la organización de la ciencia*, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.

Kranzberg, M.; Davenport, W. (1978) (editores): *Tecnología y Cultura*. Editorial Gustavo Gili, S. A . Barcelona.

Kröber, G. (1986): "Acerca de las relaciones entre la historia y la teoría del desarrollo de las ciencias", *Revista Cubana de Ciencias Sociales*, enero - abril, año IV, N° 10, La Habana.

Kuhn, T.S. (1982): *La Estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.

Latour, B. (1992): *Ciencia en acción. Como seguir a científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Editorial Labor, S. A. Barcelona.

Latour, B.; Woolgar, S. (1995): *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Alianza Editorial, Madrid.

- Levy Leblond, J.M.; Jaubert, A. (1980): "Introducción", Autocrítica de la ciencia. Editorial Nueva Imagen, México.
- Medina, M. (1995a): "Tecnología y filosofía: más allá de los prejuicios epistemológicos y humanistas", ISEGORIA, No. 12, octubre, CSIC, Madrid.
- Medina, M. (1995b): "Tecnografía de la ciencia", Historia Crítica, No.10, enero - junio 1995, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá.
- Mendelsohn, E. (1982): "La internalización de la ciencia", Repercusiones sociales de la revolución científico técnica, Editorial Tecnos, UNESCO.
- Mocek, R. (1980): Gedanken über die wissenschaft, Dietz Verlag, Berlín.
- Mockus, A. (1983): "Ciencia, técnica y tecnología", Naturaleza, Educación y Ciencia, N° 3, mayo - diciembre, Colombia.
- Otero, M. (1979): "Historia de la ciencia e ideología", Ideología y ciencias sociales, UNAM, México.
- Pacey, A. (1990): La cultura de la tecnología, Fondo de Cultura Económica, México.
- Price, D.J.S. (1973): Hacia una ciencia de la ciencia, Ariel, Barcelona.
- Price, D.J.S. (1980): "Ciencia y tecnología: Distinciones e interrelaciones", Estudios sobre sociología de la ciencia (Barnes, B. editor), Editorial Alianza Universidad, Madrid.
- Radnitzky, G. (1984): "Science, technology, and political decision. From the creation of a theory to the evaluation of the consequence of this application", Revista Portuguesa de Filosofía, tomo XL, fascículo 3, Portugal.
- Quintanilla, M.A. (1991): Tecnología: un ensayo filosófico, EUDEBA, Buenos Aires.
- Sábato, J.; Mackenzie, M. (1982): La producción de tecnología- autónoma o transnacional, Editorial Nueva Imagen, México.
- Thomas, H.(1995): Surdesarrollo. Producción de tecnología en países subdesarrollados, Centro editor de América Latina, S.A., Buenos Aires.
- UNESCO (1996): Informe mundial sobre la ciencia, Santillana, Ediciones UNESCO, Madrid.
- Vessuri, H (1986). " Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados", Saldaña, J.J (editor), El perfil de la ciencia en América, Cuadernos de Quipu 1, México.
- _____ (1987): "La cultura científica en el futuro de Venezuela", Venezuela hacia el 2000. Desafíos y opciones, Editorial Nueva sociedad, ILDIS-UNITAR, PROFAL, Caracas.
- Winner, L. (1987). La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología. GEDISA editorial, Barcelona.

Woolgar, S.(1991): Abriendo la caja negra, Anthropos, Barcelona.