

LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

*Pedro Silva Velázquez**

Pretendemos en este breve trabajo investigar cómo la ciencia y la tecnología se han ido integrando al proceso social. Nuestra propuesta es que a las fuentes *naturales* de las ciencias naturales se han añadido de manera predominante fuentes sociales a medida que la investigación científica adquiere un carácter industrial, tanto en su forma como en sus objetivos.

Comprender la tecnología como parte de una red¹ que permite la producción y distribución del producto social requiere un esfuerzo algo particular. Requiere plantear la ciencia y la tecnología en el interior de la sociedad² y no en relación a la sociedad.³ Al plantear la ciencia, específicamente las ciencias naturales en nuestro caso, en el interior de la sociedad se está diciendo que son un producto social, que dependen de un determinado desarrollo histórico (capitalista), no obstante un cierto grado de autonomía (mínimo en el presente).

Sin embargo, los planteamientos de la ciencia y la tecnología con relación a, y por encima de, la sociedad son los que dominan la literatura, como apreciaremos a continuación.

1.1 TECNOLOGÍA, INVENTO E INNOVACIÓN

Comenzamos con una exploración de los conceptos **tecnología**, **invento** e **innovación** en el contexto económico. Aclaremos que la exposición se centra en estos conceptos, pero no puede limitarse a los mismos en

* Profesor de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Fajardo.

¹ Utilizamos la palabra red para caracterizar una serie de relaciones estructurales creadas. Relaciones que permiten la difusión y una cierta articulación de relaciones de propiedad y explotación económica del cambio tecnológico.

² Tomamos este planteamiento de Lévy-Leblond y Jaubert (1985) y Rose y Rose (1976). Más adelante retomaremos el planteamiento para hacer una evaluación crítica de la literatura revisada. Ver Jean M. Lévy-Leblond y Alain Joubert, comp., *Autocrítica de la ciencia* (México: Editorial Nueva Imagen, 1980, [1975]) y Hilary Rose y Steven Rose, eds., *Economía política de la ciencia* (México: Editorial Nueva Imagen, 1979, [1976]).

³ Visión de la ciencia que claramente presenta Bunge. Ver Mario Bunge, *La ciencia, su método y su filosofía* (Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte, 1966).

la medida en que se pretende construir un modelo conceptual que permita captar y analizar una realidad social determinada.

Christopher Freeman,⁴ define la tecnología como *un cuerpo de conocimientos acerca de técnicas*. Añade, que este concepto

a menudo se utiliza para abarcar tanto el conocimiento mismo como la materialización tangible de ese conocimiento en un sistema operativo, utilizando el equipo físico de producción...⁵

Así, se presentan los conceptos de *tecnología no incorporada* (conocimiento y técnicas) y *tecnología incorporada* (en un sistema operativo sea este físico o intangible-*software*). A partir de esta definición, éste distingue entre *innovación técnica (o innovación)* e *innovación tecnológica*. La innovación técnica se referirá a *la introducción y difusión de productos y procesos nuevos y mejorados en la economía*. La innovación tecnológica abarcará *los avances en el conocimiento*. Parece quedar de esta manera una distinción solapada entre la ciencia (avance del conocimiento) y la tecnología (productos y procesos). Y por otra parte,

un invento es una idea, un esbozo o un modelo para un dispositivo, producto, procesos o sistema nuevo o perfeccionado. Estos inventos pueden estar a menudo (no siempre) patentados, pero no conducen necesariamente a innovaciones técnicas...⁶

Parece que **Freeman** coloca en el mismo nivel los inventos de un artesano, técnico u operador, y los inventos derivados —por no decir producidos— a partir de una investigación organizada.

Sigamos un momento más con **Freeman**⁷ y su concepto de innovación:

una **innovación** sólo tiene lugar cuando se produce la primera transacción comercial en la que interviene este nuevo producto, proceso, sistema o dispositivo, si bien el término se utiliza para designar el proceso completo...⁸

Con esto estamos en parte de acuerdo, pero hay que precisar algo más. Así, siguiendo la lógica de **Freeman**, antes que ocurra la primera transacción comercial se debe haber completado el proceso de evaluación (subjetiva) al nivel de la empresa. No todos los inventos llegan al mercado, pero para hacer la selección rigen los criterios de la rentabilidad y los

⁴ *La teoría económica de la innovación industrial* (Madrid: Alianza Editorial, 1975, (1974), p. 22, nota 1.

⁵ *Ibid.*

⁶ Freeman, *La teoría económica...*, p. 26.

⁷ Para su caracterización Freeman tiene en gran medida como base a Schumpeter. Esto especialmente para indicar el paso de invento a innovación.

⁸ *Ibid.*

costos antes de llegar al mercado. A lo que él se puede estar refiriendo es a un invento que provenga de un inventor particular en su consecución de éxito o fracaso comercial.⁹ Sin embargo, critica a **Schumpeter** por no tomar en cuenta la investigación organizada. Él sí reconoció esta tendencia a la industrialización e institucionalización de la tecnología. Citémoslo:

... Lo primero que un *concern* moderno hace, tan pronto como se siente con medios para ello, es establecer un departamento de investigación en el que cada uno de sus miembros sabe que su pan depende del éxito que alcance en descubrir mejoras. Esta práctica es evidente que no sugiere ninguna aversión al progreso técnico. Tampoco podemos oponer, como réplica, los casos en que las patentes adquiridas por grandes *concerns* no han sido utilizadas de una manera inmediata o no han llegado a ser utilizadas. Para ello puede haber muy buenas razones; por ejemplo, el procedimiento puede no resultar bueno o, al menos no susceptible de ser aplicado sobre una base comercial...¹⁰

Queda claro que **Schumpeter** reconocía la investigación en el seno de la empresa. Y no es algo por encima de la organización de la misma: la investigación estaba supeditada *al móvil del lucro*,¹¹ como nos dice más adelante. De aquí que la investigación se pueda presentar como un arma defensiva, como aparece en esta defensa que hace **Schumpeter** del derecho de un *concern* a defender sus lucros.¹²

Freeman se centra en señalar la importancia del inventor individual y de la empresa pequeña en la creación de innovaciones¹³ y le resta importancia a lo que llama *proceso de difusión de la innovación*, cuando es en este proceso donde se destaca la necesidad de una organización industrial grande, sólida, y eventualmente, multinacional para que sea viable la innovación tecnológica. Y es aquí donde tenemos que criticar la apreciación de **Freeman**. Este no entra a considerar que la producción científico-técnica está, después de cierto momento histórico, prácticamente integrada a la industria.

⁹ Las apreciaciones de Freeman parecen acercarse sobre todo al caso de un producto nuevo más que a un proceso.

¹⁰ Joseph A. Schumpeter, *Capitalismo, socialismo y democracia* (México: Ediciones Aguilar, 1963) [1943], p. 137.

¹¹ *Op. cit.*

¹² Schumpeter justifica la supresión o no utilización de ciertos inventos si la aplicación de los mismos conlleva una desvalorización incontrolada del capital presente de la empresa.

¹³ Hay que tomar en cuenta que Freeman, Clark y Soete (1982) plantean un esquema en el que se incluyen dos modelos de innovación. El primer modelo, en donde las innovaciones tienen diversos orígenes, es el que éste parece preferir. El segundo modelo plantea la innovación industrial como proceso industrial que es en lo que tratamos de profundizar en esta parte del trabajo. Christopher Freeman, J. Clark y L. Soete, *Desempleo e innovación tecnológica* (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, España, 1985, [1982]).

El análisis de **Marx** sobre el tema que desarrollamos se da a partir del análisis de las necesidades de reproducción del sistema capitalista, y en particular del desarrollo de las fuerzas productivas. De aquí que ve el desarrollo de la ciencia y la tecnología como parte del proceso que llevará a la superación del propio capitalismo:

La burguesía, a lo largo de su dominio de clase, que cuenta apenas con un siglo de existencia, ha creado fuerzas productivas más abundantes y más grandiosas que todas las generaciones pasadas juntas. El sometimiento de las fuerzas de la naturaleza, el empleo de las máquinas, la aplicación de la química a la industria y a la agricultura, la navegación de vapor, el ferrocarril, el telégrafo eléctrico, la simulación para el cultivo de continentes enteros, la apertura de los ríos para la navegación, poblaciones enteras surgiendo por encanto, como si salieran de la tierra...

[.....]

...Las relaciones burguesas de producción y de cambio, las relaciones burguesas de propiedad, toda esta sociedad burguesa moderna, que ha hecho surgir, como por encanto, tan potentes medios de producción y de cambio, se asemeja al mago que ya no es capaz de dominar las potencias infernales que ha desencadenado con sus conjuros. Desde hace algunas décadas, la historia de la industria y del comercio no es más que la historia de la rebelión de las fuerzas productivas modernas contra las actuales relaciones de producción, contra las relaciones de propiedad que condicionan la existencia de la burguesía....¹⁴

Nos da cuenta **Marx** de una clase social que toma la ciencia y las innovaciones como parte de su desarrollo histórico. Es importante notar que en esa misma página se menciona que esa creación de fuerzas productivas se da sobre la base de conocimientos heredados. Pero más importante aun es la integración sistemática del conocimiento científico en la producción. Además se destaca como lógica para la introducción de mejoras en la maquinaria el afán del lucro, la búsqueda del beneficio.

Sólo vendiendo más barato pueden unos capitalistas desalojar a otros y conquistar sus capitales. Para poder vender más barato sin arruinarse, tienen que producir más barato; es decir aumentar todo lo posible la fuerza productiva del trabajo. Y lo que sobre todo aumenta esta fuerza es **una mayor división del trabajo**, la aplicación en mayor escala y el constante perfeccionamiento de **la maquinaria** ..

...Los medios de producción más potentes y más costosos que ha puesto en pie, le **permiten** vender su mercancía más barata, pero al mismo

¹⁴ Carlos Marx, "Salario, precio y ganancia", en C. Marx y F. Engels, *Obras escogidas*, (Moscú: Editorial Progreso, [1865], p. 37.

tiempo **le obligan a vender más mercancías**, a conquistar para éstas un mercado incomparablemente **mayor**¹⁵

Ya se va entendiendo la introducción de innovaciones, y la integración de la ciencia, como una necesidad de las relaciones de producción. Se tiene que aumentar la *fuerza productiva del trabajo* para poder competir.

La segunda parte de la cita indica la necesidad de mercados mayores para poder realizar las cantidades de mercancías. Este punto se puede entender como una explicación tácita de las crisis de realización en el sistema capitalista, pero en nuestro contexto hay que tener en consideración que se hace necesario realizar cantidades mayores de mercancías para financiar medios de producción **más costosos**.

El tema de la tecnología desde la perspectiva de los paradigmas lo aborda Pérez.¹⁶ Un paradigma tecnológico sería un tipo ideal de organización productiva basado en lo que se entendiera en ese momento como la mejor alternativa tecnológica. La selección de la mejor alternativa responde a los costos. Habría un factor productivo clave alrededor del cual se desarrolla cada paradigma. Las características que hacen clave dicho factor son las siguientes: costos bajos y decrecientes, oferta ilimitada para distintos usos, capacidad potencial para integrarse en cualquier producción y capacidad para reducir los costos del capital, el trabajo y los productos, además de cambiar éstos cualitativamente¹⁷. Así habría un desarrollo histórico-productivo basado en los distintos paradigmas tecnológicos desarrollados hasta el presente.

Bajo este enfoque es importante identificar las características técnicas (factor clave) y económicas (de organización de la producción) de cada paradigma. Por medio de esta identificación se debería lograr una mejor adecuación de las ramas industriales antiguas (surgidas bajo paradigmas anteriores) a las ramas surgidas bajo el nuevo paradigma. La microelectrónica se identifica como el factor clave actual y la producción flexible basada en un sistema integrado e intensivo en información se presenta como el tipo de organización productiva que le corresponde.

Nathan Rosemberg, presenta una visión acumulativa del cambio tecnológico. Destaca que Schumpeter se refería específicamente en su teoría a cambios tecnológicos de carácter mayor (aquellos que desplazan la función de producción, según él). Critica él que los conceptos

¹⁵ C. Marx, *Op. cit.*, p. 87.

¹⁶ Véase Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (México: Fondo de Cultura Económica, 1971, [1962]).

¹⁷ Carlota Pérez, "Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems", *Futures* 15:5 (octubre de 1983): 361.

schumpeterianos sean aplicados con demasiada amplitud, de manera que cubren cualquier cambio técnico. Indica que llevar un invento al punto en que éste sea factible es un proceso muy diferente al de establecer su superioridad sobre las técnicas existentes. Añade que históricamente la mayor parte de los recursos destinados a la investigación y el desarrollo han estado destinados a la parte de desarrollo.¹⁸

Otra apreciación importante de **Rosenberg** es que muchas de las innovaciones surgen y se aplican en la producción de bienes de capital (innovaciones de proceso), pero que en las economías subdesarrolladas —por estar este sector débilmente desarrollado o no existir— hay poca o ninguna oportunidad de que surjan o se hagan innovaciones que ahorren capital.¹⁹

Hagamos una pausa para hacer una evaluación de lo que hasta aquí se ha cubierto. Lo primero que deseamos presentar es la incapacidad de **Freeman** para llegar con sus planteamientos a lo que vemos como el siguiente paso lógico: nos referimos a la transformación del proceso científico-técnico en una industria. Ya **Schumpeter** menciona que los laboratorios de los grandes consorcios desplazan al inventor individual.

Cada una de las concepciones anteriores presenta el desarrollo tecnológico separado y por encima de su trasfondo histórico. Esta característica quizás se deba a la concepción de la ciencia (y de la comunidad científica) como un ente asocial. Al ver la ciencia y sus objetivos separados y por encima de lo social, relegan la tecnología al ámbito de lo práctico (que es por definición algo inferior al concepto de ciencia) o la divorcian de lo *estrictamente* científico. Se mantiene una separación entre lo científico-teórico y lo tecnológico-práctico lo que resta capacidad explicativa.

Cuando la ciencia se convierte en parte de las relaciones sociales de producción, sus objetivos —y hasta sus métodos como veremos más adelante— responden progresivamente más a patrones sociales que a la ciencia (natural) aislada de la sociedad. En esta medida la tecnología, un producto industrial, se transforma en la medida del éxito de la ciencia y en marco para la investigación científica.

1.2 LA TECNOLOGÍA COMO PRODUCTO SOCIAL

Trataremos de presentar, en este segmento del trabajo, una visión alternativa del proceso científico-técnico. La idea es presentar la tecnología como parte de un desarrollo socio-histórico, el desarrollo industrial.

¹⁸ Nathan Rosenberg, *Perspective on Technology* (New York: Cambridge University Press 1976), pp. 72-76.

¹⁹ *Ibid.*, pp. 146-147.

Ravetz caracteriza el proceso e industrialización de la ciencia llamando la atención a que el avance del proceso subsume las funciones y visiones de la ciencia a las visiones del mundo económico. En sus propias palabras:

...Esto significa, primero, el dominio de la investigación capital-intensiva y sus consecuencias sociales de la concentración del poder en una pequeña fracción de la comunidad. El proceso incluye asimismo la interpenetración entre la industria y la ciencia, con un debilitamiento de las fronteras que permitían distinguir los estilos de trabajo, las acciones e ideales propios de cada campo. Más adelante hay implicaciones muy significativas, tanto para las unidades particulares de investigación como para el agregado de las mismas, con el resultado de la pérdida de la red de relaciones informales que daban cohesión a la comunidad científica. Finalmente se introduce en la ciencia la inestabilidad y el sentido de cambio rápido, pero descontrolado característico del mundo de la industria y el comercio en nuestra civilización.²⁰

La investigación se da entonces en función de los costos y beneficios esperados. Los temas a ser investigados pasan a ser decisiones burocráticas. El investigador se convierte en un empleado especializado en manejar equipo caro y sofisticado o en un burócrata administrador.²¹

Abundando en la caracterización de este proceso citamos a **Rose y Rose**:

Mientras que a un nivel ideológico la *ciencia pura* está divorciada de la *tecnología*, en la práctica, ya sea la del Estado o la de la industria, las dos están bastante más íntimamente conectadas. La industria hace inversiones en *ciencia pura* así como en *tecnología*, como lo atestiguan el hecho de que los Laboratorios Bell Telephone patrocinaron la labor de William Shokley que le significó el premio Nóbel a la vez que fundó los cimientos para la explotación comercial de los transistores y la microelectrónica.²²

A la concepción de la investigación como una inversión, que puede ser o no rentable, le sucede la organización del proceso de manera que responda al contexto empresarial. La investigación científica se organiza como una empresa. Al seguir a **Rose y Rose** tenemos una visión algo más clara de este proceso:

²⁰ Jerome R. Ravetz, *Scientific Knowledge and its Social Problems* (Gran Bretaña: Oxford University Press, 1971), p. 31.

²¹ Ravetz, *Op. cit.*, pp. 44-50.

²² Hilary Rose y Steven Rose, eds., *Economía política de la ciencia...*, p. 54. Freeman también mantiene una separación tácita del conocimiento científico (innovación tecnológica) y la tecnología (innovación) no tomando en cuenta el debilitamiento histórico entre la frontera que separaba ciencia de tecnología. Frontera que desaparece de hecho al industrializarse la investigación científico-técnica.

...Donde antes los científicos trabajaban como productores individuales de conocimientos, ahora trabajan en grandes equipos organizados jerárquicamente, caracterizados por una creciente e intensa división del trabajo. Cada científico, o con más precisión, cada trabajador científico, pues así se debe adscribir a las marcas de las *fábricas de ciencia* de la actualidad, ha fragmentado las especializaciones, encadenado a un objetivo que únicamente comprenden cabalmente el director del proyecto y aquellos que decidieron las metas del grupo del laboratorio...²³

En este sentido, el trabajador científico —en este caso específicamente el que trabaja con las ciencias exactas— se ha convertido en parte del equipo de producción. Estando sujeto a criterios de capacidad productiva máxima y de desecho por obsolescencia.²⁴

A este respecto **Sabato y Mackenzie** nos describen en lo que se torna un departamento de investigación al convertirse en una *fábrica de tecnología*:

La misión de la empresa de tecnología es encontrar soluciones adecuadas para los problemas tecnológicos de sus clientes, que requieren aumentar su producción, aumentar la productividad, abaratar costos, etc. Tales soluciones deben tener en cuenta los recursos y posibilidades de los clientes, de modo que es necesario minimizar los costos de inversión y usar al máximo los métodos y facilidades existentes, así como interferir lo menos posible con otras líneas de producción, etc. En consecuencia, las soluciones deben combinar conocimiento estrictamente científico y técnico con conocimiento de producción y de administración, a fin de responder adecuadamente a las necesidades y posibilidades del cliente...²⁵

Lo que se nos describe es sencillamente un proceso industrial como otro cualquiera. Teniendo este proceso unos insumos (conocimientos y técnicas), unas herramientas (equipos), una fuerza de trabajo organizada y el propósito de generar una mercancía para un cliente (sea éste específico o no). Además se establecen medidas para planificar la distribución, y, en general, el *marketing*, de acuerdo a las características particulares de esta mercancía.²⁶

Los planteamientos de **Sabato y Mackenzie** nos presentan un cuadro en que el departamento de **I+D** se ha *independizado*. Sus productos pueden

²³ Rose y Rose, *Op. cit.*, p. 69.

²⁴ Cooley llama a este proceso proletarianización del trabajador científico. Caracteriza éste como la pérdida del control de las "herramientas" para producir conocimiento. Los medios para producir conocimiento pasan al equipo de capital (computadores, instrumentos científicos). Mike Cooley, "Contradicciones de la ciencia y la tecnología del proceso productivo", en Rose y Rose, *Op. cit.*, pp. 121-150.

²⁵ Jorge A. Sabato, y Michael Mackenzie, *La producción de tecnología* (México: Editorial Nueva Imagen, 1982), p. 116.

²⁶ William L. Shanklin y John Ryans Jr., "Cómo organizar el marketing de alta tecnología", *Harvard-Deusto Business Review*, segundo trimestre de 1985, pp. 81-92.

entonces —además de ser utilizados en el interior de la empresa— alquilados o vendidos a otras empresas. Esta independencia puede ser jurídica, pero la producción de tecnología tiene como resultado un tipo de mercancía en el que las empresas mayores son el consumidor preferente. Además, muchas veces se trata de desarrollar soluciones para condiciones específicas de alguna empresa.

Galbraith tuvo muy en consideración el papel desempeñado por la organización en la producción de tecnología. Partiendo del examen de la empresa, presenta la organización como un nuevo factor de producción:

... Este factor nuevo es la asociación de hombres de diversos conocimientos técnicos, experiencias o demás talentos requeridos por la tecnología industrial y la planificación modernas. Dichas asociaciones incluyen desde la dirección de la moderna empresa industrial hasta el umbral mismo de la fuerza de trabajo, y abarcan gran número de personas y una gran variedad de talentos ...²⁷

En este sentido la organización se convierte en factor productivo.²⁸ Las decisiones se toman basadas en la coordinación de diversas áreas del saber. Se ha creado una coordinación de conocimientos individuales que permite la superación de la capacidad innovadora individual (tan estimada por **Schumpeter**). Esto es la base de una socialización de la producción de conocimiento. No obstante, como vimos anteriormente, esto no implica la democratización y mucho menos el aprovechamiento social de este aparato organizativo.²⁹

La organización es, a la vez que mecanismo operador, parte de la estructura de distribución de tecnología. Operador en el nivel administrativo, parte de la estructura en tanto que las personas se convierten en piezas de una maquinaria con cierto grado de homogeneidad internacional. Así puede haber un intercambio de *piezas* administrativas o especializadas (investigadores) en un ámbito global.

La industria va a determinar en gran medida cuáles son las investigaciones más favorecidas. A pesar de que gran parte de la investigación es

²⁷ John K. Galbraith, *El nuevo Estado Industrial* Barcelona: Editorial Ariel, 1984 [1968], p. 103.

²⁸ Drucker ha llamado la atención de la gerencia como “un órgano económico específico de una sociedad industrial” y de los gerentes como un recurso que puede tornarse caro. Peter F. Drucker, *La gerencia de empresas* (Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1978 [1954]), pp. 20 y 26, respectivamente. Leontiades nos plantea una caracterización del control y estrategias en las empresas multinacionales de acuerdo al tipo(s) de mercado en que participan y a la menor o mayor necesidad de centralización. James C. Leontiades, *Multinational Corporate Strategy* (Massachusetts: Lexington Books, 1985), pp. 14-18.

²⁹ En este sentido es interesante ver como Zeitlin (1974) debate la aceptada tesis de Galbraith sobre la separación entre propiedad y control en la “gran empresa moderna”. Maurice Zeitlin, *Propiedad y control: la gran corporación y la clase capitalista* (Barcelona: Ediciones Anagrama, 1976 [1974]).

financiada por el Estado, las pautas de investigación generalmente se derivan de la industria.³⁰ En esta medida se puede pensar que la fábrica se convierte en un laboratorio. Lo que lleva a cuestionar la exclusividad del laboratorio y la universidad como recintos de producción científica.

Lo que pretendemos indicar es que la fábrica adquiere su lugar en el proceso de producción de ciencia y tecnología, sin que se dejen de lado los laboratorios universitarios, privados o públicos. A manera de ilustración para el caso de Estados Unidos, esto se puede apreciar en el cuadro siguiente.

**DISTRIBUCIÓN DE LOS CUADROS TOTALES PARA I+D
(Estados Unidos - Billones de dólares)**

	1967		1971		1976		1986	
	\$s	(%)	\$s	(%)	\$s	(%)	\$s	(%)
Sector Federal Intramural	3,4	(15)	4,2	(16)	5,8	(15)	11,6	(12)
Industria	16,4	(71)	18,3	(69)	27,9	(69)	71,5	(73)
Universidades	1,9	(8)	2,5	(9)	3,7	(9)	8,5	(9)
Otros	1,4	(6)	1,6	(6)	2,5	(7)	6,1	(6)
Total	23,1		26,6		39,0		97,7	

Fuente: Elaboración del autor a partir de National Science Board, "Science and Engineering Indicators, 1987". Washington: National Science Foundation, 1987. Tabla 4.4, citada por Smith (1990, p. 160).

Sobre la dificultad para aceptar este proceso de industrialización de la investigación científico-técnica que encontramos, tanto en diversos trabajos anteriores (**Schumpeter, Freeman, Pérez, Dosi**, etc.) como en nosotros mismos, podemos tomar en cuenta algunos planteamientos de **Gorz**:

³⁰ Esta apreciación es válida también para el complejo militar-industrial en la medida en que pueda haber una identificación de intereses. De hecho se acuña el concepto de investigación básica orientada (*mission oriented basic research*) en el contexto de las investigaciones financiadas por distintas agencias del gobierno estadounidense. El mismo brinda una razonable justificación ideológica y política a las inversiones en *ciencia pura* desarrolladas en universidades. Bruce L.R. Smith, *American Science Policy Since World War II* (Washington D.C.: The Brookings Institution, 1990), pp. 48-49.

... Toda nuestra educación ha sido dedicada a enseñarnos que la ciencia no puede estar al alcance de todos, y que los que son capaces de aprender son superiores a los demás...

En cuanto a la definición de lo que es y no es científico, nuestra sociedad tiene un criterio muy peculiar: llama *científico* al conocimiento y la habilidad que pueda ser sistematizada e incorporada a la cultura *académica* de la clase gobernante; y llama *acientífico* al conocimiento que pertenezca a una cultura popular...³¹

Esta dificultad es por lo tanto objetiva si se tiene como base nuestro proceso educativo. Alguien podría mencionar que todavía existen inventores individuales e investigadores independientes —si esto es posible— pero, además de ser una minoría, para que sus trabajos sean reconocidos como labor científica deben poder ser incorporados a la cultura y a la industria de la clase gobernante. En este sentido:

Por su importancia en los procesos productivos, administrativos y comunicativos, la ciencia se ha convertido en un elemento estratégico de dominación y de concentración de poder político y económico. En estas condiciones, para que exista una sociedad democrática e igualitaria, ya no basta que los medios de producción pertenezcan a las clases trabajadoras; también es necesario que se apropien del conocimiento científico y que la sociedad en su conjunto ejerza un control sobre la producción científica y sus aplicaciones tecnológicas. Mas aún, es necesaria la producción de un nuevo saber, producto de la práctica de transformación social.³²

A lo que podemos añadir que esa transformación necesariamente implica, antes que todo, abolir la lógica de la producción de ciencia y tecnología, para así lograr otra dirección para el proceso.

Implícitamente nos hemos referido a una visión por fases del desarrollo científico-técnico. En una primera fase histórica, que abarcaría hasta los comienzos de la Revolución Industrial, habría una clara distinción entre ciencia y tecnología. Esta primera fase sería dominada por los inventos apropiados por los procesos productivos. Dichos inventos no necesariamente provendrían de científicos.

Una segunda fase se iría desarrollando desde la Revolución Industrial hasta el final del Siglo XIX. Es en esta segunda fase que hay un acercamiento entre la investigación científica y la tecnología. Los inventos pueden provenir de algún artesano, pero hay unos inventores independientes que utilizan el *método científico* en sus trabajos.

³¹ André Gorz, "Sobre el carácter de clase de la ciencia y los científicos", en Rose y Rose *Op. cit.*, pp. 106-107.

³² Enrique Leff, "El sistema de ciencia y tecnología en el proceso de desarrollo socioeconómico", *Comercio Exterior* 26:11, (1976): 1337.

La tercera fase será la que se inaugura con los laboratorios de investigación de los grandes consorcios (*trusts*) de que dio cuenta **Schumpeter**. La distinción entre ciencia y tecnología ya comenzaba a atenuarse rápidamente. Estos laboratorios son el inicio de la industrialización de la producción científico-técnica.

Llegamos a la cuarta fase, que es la que caracterizamos más arriba, como industrialización del trabajo científico. En esta fase los objetivos científico-técnicos son los objetivos de la industria, la producción de ciencia responde a una división del trabajo industrial y la investigación científica se mide en términos de su rentabilidad económica. Hemos tomado como base el desarrollo de la industria para caracterizar el desarrollo de la producción de ciencia. Lo propio debe aplicarse a esta cuarta fase con el predominio en el mercado mundial del capital multinacional. Un ejemplo muy pertinente del proceso de la producción científico técnica es el de las tecnologías de la *era de la información*,³³ que se puede entender como parte del desarrollo de la empresa multinacional.

CONCLUSIONES

Esta parte del trabajo debe dejar en claro una serie de puntos:

- **Primero:** La producción de conocimiento científico-técnico se organiza de manera industrial. Decimos proceso industrial con todas las implicaciones que esto conlleva en un contexto capitalista.

Este proceso queda consolidado a partir de la Segunda Guerra Mundial. A esta concepción sirve de marco un proceso histórico de integración ciencia-tecnología en la producción. De esta manera la producción tecnológica siendo un producto industrial que se difunde como una mercancía en un contexto de relaciones de producción capitalistas.

- **Segundo:** Al hablar de la producción industrial de tecnología, estamos diciendo que el conocimiento científico-técnico está socialmente condicionado. La investigación científico-técnica responde a unos objetivos sociales históricamente determinados. Dentro de estos objetivos se destacan como caras de una misma moneda la explotación del trabajo y la búsqueda del beneficio.

En este **segundo** punto se hace necesario enfatizar que el desarrollo de la tecnología responde a unos intereses y a la articulación internacional

³³ Nos referimos a la microelectrónica, el desarrollo de nuevos materiales, la incorporación de la información al proceso productivo como producto y/o como componente y la biotecnología.

de los mismos. Por lo tanto estamos cuestionando las posibles utilidades con otros fines de las tecnologías que son introducidas en algún otro lugar del sistema capitalista sin antes revisar profundamente y transformar los contenidos de estas tecnologías.

La propuesta fundamental de este trabajo puede percibirse de una manera equivocada. Se podría entender que el mismo plantea la nulidad total del ordenador en el mejoramiento de las condiciones de vida del hombre. Lo que sí hemos tratado de establecer es que el proceso científico-técnico tiene unas limitaciones. Además, que dichas limitaciones van más allá de la mera utilización de la ciencia y la tecnología para *el bien o para el mal de la sociedad*.

La posición del desarrollo científico-técnico se ha presentado en este trabajo como un proceso de subsunción de la ciencia a los procesos industriales. Lo más probable es que el proceso no sea meramente el sometimiento de la ciencia a la industria y sí —planteado aquí a manera de hipótesis— un proceso de identificación entre la ciencia-tecnología y el desarrollo industrial. Este proceso de identificación implicaría el desarrollo histórico de una comunidad de intereses entre la ciencia y la industria.³⁴ En este sentido las nuevas tecnologías (la computadora, los satélites, la biotecnología) vienen a ser una especie de materialización de esa comunidad de intereses ciencia-tecnología-industria (**Weizenbaum, 1976**).

La fusión ciencia-tecnología-industria significa unos intereses sociales comunes. De esta manera pierde sentido hablar de una *buena o mala* utilización de los resultados de la ciencia-tecnología. Los criterios pasan a ser económicos: el fracaso, asociado a las pérdidas; o el éxito asociado al logro de beneficios.

El fracaso puede implicar varias condiciones: la imposibilidad de concretizar uno o varios resultados científicos en algún bien apropiable (tangible o intangible); una limitación de costos; o la imposibilidad de crear un mercado suficiente. Estas tres condiciones presuponen que haya recursos, financieros y humanos, suficientes para llevar adelante el proceso de investigación. El éxito se mide por el beneficio potencial o por los beneficios logrados. De manera que la tecnología que se mantiene, la que triunfa en el mercado (**Noble, 1979, p. 69**), es la tecnología *adecuada*. Y el desarrollo tecnológico se verá sometido a la competencia por conservar o adquirir mercados.

Una vez superados los obstáculos técnicos —esto es, cuando se ha llegado a la innovación— los criterios económicos asumen la primacía.

³⁴ Max Horkheimer, *Crítica de la razón instrumental*, Editorial Sur, 1973 [1967].

Lograr o identificar mercados es el primer objetivo. Como segundo objetivo se impone la reducción de costos. Los dos objetivos se persiguen generalmente al mismo tiempo acicateados por la competencia. Cobran, entonces, mayor relevancia los determinantes socioeconómicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, Mario. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte, 1966.
- Cooley, Mike. "Contradicciones de la ciencia y la tecnología del proceso productivo". en Rose, Hilary y Steven Rose, eds., *Economía política de la ciencia*. México: Editorial Nueva Imagen, 1979, (1976).
- Drucker, Peter F. *La gerencia de empresas*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1978, (1954).
- Freeman, Christopher. *La teoría económica de la innovación industrial*. Madrid: Alianza Editorial, 1975, (1974).
- _____, J. Clark y L. Soete. *Desempleo e innovación tecnológica*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, España, 1985, (1982).
- Galbraith, John K. *El nuevo Estado Industrial*. Barcelona: Editorial Ariel, 1984, (1968).
- Gorz, André. "Sobre el carácter de clase de la ciencia y los científicos", en Rose, Hilary y Steven Rose, eds. *Economía política de la ciencia*. México: Editorial Nueva Imagen, 1979, (1976).
- Horkheimer, Max. *Crítica de la razón instrumental*. Editorial Sur, 1973, (1967).
- Kuhn, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1971, (1962).
- Leff, Enrique. "El sistema de ciencia y tecnología en el proceso de desarrollo socioeconómico". *Comercio Exterior*. 26:11 (1976): 1334-1341.
- Leontiades, James C. *Multinational Corporate Strategy*. Massachusetts: Lexington Books, 1985.
- Lévy-Leblond, Jean M. y Alain Joubert, comp. *Autocrítica de la ciencia*. México: Editorial Nueva Imagen, 1980, (1975).
- Marx, Carlos. *El Capital*. Tomo I. Vol. 2. México: Siglo Veintiuno Editores, 1975.
- _____. *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política (Grundrisse)*. México: Siglo Veintiuno Editores, 1975.
- _____. "Salario, precio y ganancia". C. Marx y F. Engels. *Obras Escogidas*. Moscú: Editorial Progreso, (1865).

- Oakey, Raymond, Roy Rothwell y Sarah Cooper. *The Management of Innovation in High- Technology Small Firms*. Gran Bretaña: Pinter Publishers, 1988.
- Parker, J.E.S. *The Economics of Innovation*. Londres: Longman Group Ltd., 1974.
- Pérez, Carlota. "Microelectronics, Long Waves and World Structural Change". *World Development* 13:3 (marzo 1985): 441-463.
- _____. "Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems". *Futures*. 15:5 (octubre 1983): 357-375.
- Ravetz, Jerome R. *Scientific Knowledge and its Social Problems*. Gran Bretaña: Oxford University Press. 1971.
- Rose, Hilary y Steven Rose, eds. *Economía política de la ciencia*. México: Editorial Nueva Imagen, 1979, (1976).
- Rosenberg, Nathan. *Inside the Black Box*. Nueva York: Cambridge University Press, 1982
- _____. *Perspective on Technology*. Nueva York: Cambridge University Press, 1976.
- Sabato, Jorge A. y Michael Mackenzie. *La producción de tecnología*. México: Editorial Nueva Imagen, 1982.
- Schumpeter, Joseph A. *Capitalismo, socialismo y democracia*. México: Ediciones Aguilar, 1963, (1943).
- _____. *Teoría del desenvolvimiento económico*. México: Fondo de Cultura Económica, 1976, (1912).
- Shanklin, William L. y John Ryans Jr. "Como organizar el marketing de alta tecnología". *Harvard-Deusto Business Review*, segundo trimestre de 1985, pp. 81-92.
- Smith, Bruce L.R. *American Science Policy Since World War II*. Washington D.C.: The Brookings Institution, 1990.
- Zeitlin, Maurice *Propiedad y control: la gran corporación y la clase capitalista*. Barcelona: Ediciones Anagrama, 1976, (1974).

