Jorge A. Sabato y Michael Mackenzie

La producción de tecnología

Autónoma o transnacional

Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales

EDITORIAL NUEVA IMAGEN

Primera edición, 1982

Coedición por convenio entre el Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales (ILET) y la Editorial Nueva Imagen

Portada: *Alberto Díaz*

© 1982, Editorial Nueva Imagen, S.A.
Escollo 316, México 20, D.F.
Apartado Postal 600, México 1, D.F.

Impreso en México
ISBN 968-429-348-8

Índice

Introducción 13

I. Tecnología y estructura productiva 17
1. Tecnología y desarrollo económico 17
2. La tecnología en la estructura productiva 23
3. La tecnología como paquete 29
4. Producción y comercio de tecnología 40

II. Hacia un nuevo modo de producción de tecnología 43
1. Antecedentes históricos 45
2. Los artesanos 47
3. Del artesanado a la manufactura 53
4. De la manufactura a la producción industrial .. 59

III. La fábrica de tecnología 67
1. Fábricas de tecnología y empresas de tecnología 69
2. La fábrica de tecnología 72
3. Actividades e insumos 80
4. Organización 94

IV. La empresa de tecnología 115
1. Objetivos 117
2. Producción y comercialización 123

3. La fuerza de trabajo en las fábricas y empresas de tecnología. 133
4. Organización 144

V. El negocio de la tecnología 151
1. El tamaño del negocio 154

VI. Transnacionales y tecnología 171
1. Algunas características 175
2. Geografía del R-D 196
3. Las ET y la producción de tecnología 205
4. Conclusiones 209

VII. La tecnología en los países subdesarrollados . 211
1. El flujo de tecnología 215
2. Tecnología importada 220
3. Tecnología nacional 222
4. La tecnología en América Latina 229
5. Empresas de tecnología para América Latina . . 244
6. Algunas limitaciones y obstáculos 252

Referencias bibliográficas 255

Índice de cuadros, diagramas, ilustraciones y gráficas

CUADROS

1. Fuentes externas de 102 ideas técnicas utilizadas en 51 innovaciones 89
2. Formas de transferencia de 102 ideas técnicas clave 89
3. Total de gastos nacionales y del sector privado en R-D en diversos países de la OCDE 159
4. Estados Unidos: fondos nacionales para R-D, por fuente 160
5. Estados Unidos: fondos nacionales para R-D, por realizador 161
6. Estados Unidos: gastos de la industria en R-D, por sector económico 163
7. Estados Unidos: investigación aplicada y desarrollo de productos en la industria, por tipo de productos y origen de los fondos 164
8. Estados Unidos: investigación básica industrial, según el campo de actividad científica 166
9. R-D realizado por empresas norteamericanas en el exterior 167
10. Empresas norteamericanas transnacionalizadas a partir de innovaciones 179
11. Empresas europeas transnacionalizadas a partir de innovaciones 180

12. Gastos en R-D de las ET y de toda la industria norteamericana 181
13. R-D en la industria norteamericana, por sector ... 183
14. Inversiones y ventas de las empresas norteamericanas 184
15. Estados Unidos: gastos en R-D por sector industrial. 185
16. Gastos en R-D de las matrices de las ET encuestadas en relación con gastos en R-D de todas las empresas norteamericanas (por actividad industrial) 186
17. Características de las principales innovaciones norteamericanas y europeas 188
18. Estados Unidos: las 20 empresas con mayor gasto en R-D (1975)..... 189
19. Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en cifras absolutas (1976)..... 190
20. Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con sus ventas (1976)..... 191
21. Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con su número de empleados (1976)..... 192
22. Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en cifras absolutas (1977)..... 193
23. Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con sus ventas (1977)..... 194
24. Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con su número de empleados (1977)..... 195
25. Personal empleado en R-D en relación con el número total de empleados..... 197
26. Estados Unidos: estructura de costos de R-D 199
27. Distribución por país de los gastos en R-D de las ET norteamericanas..... 200

DIAGRAMAS

1. Evaluación de costos y retorno 76
2. Cálculo de riesgo y retorno de un proyecto de R-D..... 77
3. Estimación de recursos disponibles 78

4. Cálculo del índice de rentabilidad mediante la relación de los costos con el éxito probable 79
5. Generación de los insumos para un proyecto determinado en una fábrica de tecnología..... 84
6. Generación de nuevos paquetes en una fábrica de tecnología 86
7. Actividades relacionadas con R-D de los diversos departamentos de una empresa 87
8. Organización de la investigación en Central Electricity Generating Board (CEGB)..... 104
9. Organización de la investigación en British Steel Corporation..... 106
10. Organización de la investigación en General Electric (Reino Unido)..... 107
11. Organización de la investigación en Beecham Research Laboratories..... 110

ILUSTRACIONES

1. Formulario descriptivo de proyectos de investigación..... 74
2. Formulario para la evaluación de proyectos de R-D..... 75

GRÁFICAS

1. Estados Unidos: tendencia de las inversiones nacionales en R-D..... 157

Introducción

El mayor invento del siglo XIX fue la invención del método para inventar.

A. N. WHITEHEAD

Actualmente se reconoce en todo el mundo que la tecnología es uno de los elementos más importantes para la independencia y el desarrollo económico de los países. Como lo ha dicho Celso Furtado (1979):

> Cuando se la reduce a sus elementos esenciales, la lucha contra la dependencia consiste en un esfuerzo de la periferia para superar el monopolio que posee el centro sobre los recursos tecnológicos. Y esto es así porque la tecnología es capaz de reemplazar a todos los otros recursos de poder.

Esa lucha de la periferia contra la supremacía tecnológica del centro ha quedado claramente demostrada en dos recientes Conferencias Generales de las Naciones Unidas: la que se realizó en Buenos Aires, en agosto de 1978, sobre Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo y la que se efectuó en Viena, en agosto de 1979, sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. En ambas conferencias, así como en muchos otros foros, los países del Tercer Mundo han definido al *self-reliance* tecnológico como un objetivo claro para su desarrollo. Hay, sin embargo, muchos

obstáculos para alcanzar dicho *self-reliance*. Dos de ellos nos interesan muy especialmente:

a) La falta de un concepto claro y coherente sobre el papel de la tecnología en la estructura productiva. Es particularmente perjudicial la creencia generalizada de que la tecnología no es otra cosa que ciencia aplicada, y que, por lo tanto, para obtener aquélla es suficiente producir esta última. También lo es la opinión de que el conocimiento generado en los laboratorios de investigación puede influir sin interrupciones hacia la infraestructura económica, con la sola condición de que esta última haya demostrado de alguna manera la necesidad de ese conocimiento.
b) La opinión ampliamente difundida en los países del Tercer Mundo de que la supremacía tecnológica del centro no se debe a una capacidad real en tecnología sino más bien a su notoria habilidad en otras áreas, como el manejo de los medios masivos de comunicación, las finanzas, las prácticas comerciales desleales, la corrupción política, etc. Es absolutamente cierto que el centro recurre a tales medios, pero esto no debiera oscurecer su capacidad real en la producción y comercialización de tecnología, capacidad que le da, especialmente a través de las empresas transnacionales (ET), una sólida ventaja comparativa en el negocio de la tecnología.

Es propósito de este libro mostrar que estos dos obstáculos conceptuales son el resultado de la falta de comprensión, en la periferia, de un cambio relativamente reciente pero fundamental de la forma en que la tecnología es producida en el centro, y del cual tanto sus gobiernos como sus corporaciones se han beneficiado enormemente.

Si bien durante toda la historia el hombre ha producido tecnología en una forma asistemática, espontánea y casi *amateur*, en las últimas décadas el modo de producción de tecnología ha cambiado drásticamente y se ha transformado en una actividad específica, diferenciada, continua y

profesional, con su propia identidad, su propia legitimidad y sus propias características económicas.

Es sabido que durante los siglos XVIII y XIX el modo de producción de mercancías se transformó de la artesanía a la manufactura y finalmente a la industria moderna en un proceso histórico que constituye la llamada Revolución Industrial. Durante el siglo XX es la *producción de tecnología* la que está sufriendo una transformación similar de la artesanía a una actividad industrial, constituyendo así la característica de una *revolución científica y tecnológica*. Esta transformación histórica está lejos de haberse aún completado, y la producción artesanal de tecnología tiene todavía importante significación económica, pero en el centro el nuevo modo de producción predomina y continúa expandiéndose a través de nuevos sectores de la estructura productiva. Esto es prácticamente cierto para la empresa transnacional moderna, que ha sido capaz de incorporar plenamente a su estructura institucional el nuevo modo de producción de tecnología, y que ha convertido a ésta en uno de sus principales instrumentos de crecimiento y poder.

El tema de este libro ha sido bien desarrollado por numerosos autores, muchos de los cuales se mencionan en las referencias bibliográficas, por lo que no reivindicamos el mérito de la originalidad. Así, por ejemplo D. S. L. Cardwell, en su libro *Turning Points in Western Technology* (1972), analiza en profundidad el cambio de la producción de tecnología asociado con "el diseño de instituciones para garantizar el progreso tecnológico: el laboratorio de investigación . . . , el departamento de diseño y desarrollo . . . , los servicios técnicos de ventas . . ." Pero, en verdad, lo cierto es que este mensaje es todavía ignorado en la mayoría de los países del Tercer Mundo, donde la tecnología se trata aún en forma vaga y retórica. El propósito de nuestra contribución es proponer, a través de un análisis que enfatiza categorías tales como el paquete tecnológico, la fábrica de tecnología, la empresa de tecnología, el flujo tecnológico, la capacidad tecnológica autónoma, etc., un enfo-

que más claro que ayude a esos países a alcanzar el tan ambicioso objetivo del *self-reliance* tecnológico.

Deseamos agradecer a Phillip Maxwell y Gerardo Garguielo por la significativa ayuda que uno de nosotros (J. A. S.) recibió de ellos en las primeras etapas de redacción de este libro; a Ayse Trak por su excelente cooperación en el capítulo VI y a Celia Inés Sabato por su contribución en tareas de traducción.

El Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales (ILET) y la Fundación Bariloche (de Argentina) brindaron generoso apoyo financiero a nuestro trabajo.

I. Tecnología y estructura productiva

Si se estudia casi cualquier innovación con algún cuidado no se encontrará que ella esté basada en una única invención.

F. R. JEVONS (1976)

1. TECNOLOGÍA Y DESARROLLO ECONÓMICO

Uno de los axiomas contemporáneos más difundidos es que la ciencia y la tecnología tienen un tremendo impacto en el desarrollo y prácticamente todo el mundo acepta que son factores esenciales para el desarrollo económico y el bienestar. Una demostración contundente de esta convicción universal ha sido la Conferencia General de Naciones Unidas sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo, que tuvo lugar en Viena (agosto de 1979), en la que miles de delegados de más de 120 países discutieron durante tres semanas cada aspecto particular de este problema, que había sido analizado en varias toneladas de documentos e informes producidos por otros tantos miles de especialistas durante tres años de una preparación muy cuidadosa.

Sin embargo, pese a tanta unánime coincidencia no hay todavía un entendimiento claro de la naturaleza *exacta* de las relaciones entre ciencia y tecnología, por un lado, y economía, por otro, ni entre la investigación y desarrollo

(que llamaremos R-D) como una actividad organizada y el desarrollo económico, o por lo menos el crecimiento económico. Harry Johnson (1972) lo ha dicho de una manera muy explícita: "La [solución del problema . . .] de medir los beneficios económicos de la investigación científica [. . .] todavía nos escapa [. . .] hay grandes dificultades de relacionar *inputs* identificables de investigación científica con *outputs* útiles de conocimiento científico [. . .]" Un informe reciente de la American Association for the Advancement of Science (1978) describe en los siguientes términos los puntos de vista de los distintos interesados:

> La comunidad científica generalmente supone que existen relaciones de causa y efecto muy sencillas, tales como la siguiente "R-D ayuda a la economía, de manera que más R-D ayudará aún más" [. . .] En cambio la industria tiende a mirar a la innovación desde un punto de vista más amplio, dándole a R-D un papel significativo pero no decisorio. Los economistas que han tratado de medir la ayuda del R-D a la economía no han llegado a conclusiones claras. Hay dudas muy serias sobre la pertinencia de las relaciones que se supone existen entre los términos y aun sobre el método para realizar las mediciones correspondientes.
> [. . .] La posición más simplista es la de que el R-D ayuda a la economía a través de una secuencia de sucesos como la siguiente: empieza con investigación básica y continúa con investigación aplicada, desarrollo, innovación tecnológica, aumento de la productividad y crecimiento económico, y finalmente, de esa manera, se logra producir un avance general del bienestar económico [. . .]

Durante la década del cincuenta se publicaron los primeros trabajos que intentaban demostrar que el cambio tecnológico podía tener un papel muy significativo en el crecimiento económico (Solow, 1957). Estos estudios iniciales generaron una vasta literatura económica, que trató de conceptualizar el cambio tecnológico, particularmente en relación con la actividad de R-D, en términos de modelos cuantitativos de inversión y retorno (por ejemplo, Evanson y Kasley, 1975). Pero aun en el nivel empírico de organización de los datos, estos modelos han tropezado con

dificultades serias (véase, en especial, Rosenberg, 1976a). No se trata sólo de una cuestión de escasez de datos: hay otros problemas más complejos, algunos realmente fundamentales.

En su artículo "The Economics of Research and Development", C. Freeman (1977) presenta el análisis más actualizado y completo de la literatura sobre cambio tecnológico, en general, y sobre la naturaleza económica del R-D, en particular. Este autor destaca claramente dos temas. Señala, en primer término, que no están aún resueltos diversos problemas referidos al origen y la naturaleza del cambio técnico y a los mecanismos y funcionamiento del R-D. Y, en segundo lugar, afirma que ni siquiera está clara la forma en que estos problemas podrían ser atacados, o al menos enfocados, de manera homogénea.

Esto no debiera sorprender demasiado en vista de la enorme diversidad y complejidad de los problemas que se presentan ante cualquier intento de formular un marco conceptual de referencia para el análisis del proceso de cambio tecnológico. Freeman menciona los más importantes: la dificultad de establecer una relación consistente entre el proceso de R-D y (a) el cambio tecnológico, (b) las invenciones y (c) las innovaciones; la relación entre cambio tecnológico y el sector económico, tanto en términos macroeconómicos (cambio tecnológico y crecimiento económico) como en términos microeconómicos (relaciones entre inversiones en R-D y beneficios recibidos); la ausencia, en el análisis económico corriente, de una adecuada perspectiva histórica; el papel del inventor individual frente al laboratorio industrial y los cambios que uno y otro han sufrido durante el siglo XX, la conceptualización de las diversas fuentes e *inputs* del proceso de R-D; el problema de la definición misma de este proceso en relación con la diversidad de sus funciones, desde la "inventiva" hasta la "adaptiva"; la influencia relativa de la ciencia y de la tecnología en el cambio tecnológico en su sentido más amplio; la naturaleza del riesgo en el proceso de R y D y la forma en que ciertos elementos, como la investigación de merca-

do, parecieran empíricamente tener una influencia importante en el éxito o fracaso de un proyecto, etcétera.

Algunos de estos problemas no sólo no resisten un análisis cuantitativo consistente, sino tampoco un marco conceptual coherente, lo que por supuesto hace imposible lograr una evaluación cuantitativa correcta, ya que no se pueden hacer mediciones de los *inputs* de un proceso de R-D si no se sabe bien qué es y qué no es un *input* en dicho proceso . . .

Similares dificultades se presentan también en lo estrictamente microeconómico, por ejemplo cuando se trata de encontrar la relación entre el esfuerzo que realiza en R-D una determinada empresa, sus resultados y otros factores generales de la misma empresa. ¿Una mayor inversión en R-D es suficiente para obtener mejores resultados o tienen la misma influencia otros factores propios de la vida misma de la empresa, tales como su organización, su servicio de comercialización, las relaciones que existen a nivel de plantel entre la ingeniería de producción y el grupo responsable de R-D, etc.? (Mansfield, 1972, p. 24). También hay serias dudas con respecto a la magnitud del desfasaje temporal entre la inversión en R-D y su probable beneficio comercial. Aunque algunos estudiosos estiman ese lapso en aproximadamente ocho años (Freeman, 1974, y *Business Week*, 1976), hay numerosas empresas que emprenden actividades de R-D estimando un desfasaje temporal de hasta 15 años. El problema se complica aún más en el caso de las innovaciones que benefician a la empresa que las produjo no sólo directamente sino también indirectamente, a través de las empresas que las utilizan, como es el caso de las computadoras. Esta consideración adquiere todavía una complejidad mayor cuando se consideran innovaciones que se usan en el mismo proceso de R-D, como ocurre con todo el instrumental científico complejo (en este caso el impacto mayor será el aumento del potencial productivo de la empresa en el proceso de R-D). Finalmente, estan aquellos casos de empresas que, habiendo sido responsables del desarrollo de una innovación determinada, no están en

condiciones de explotarla en toda su magnitud, por lo cual los mayores beneficios pueden ser obtenidos por alguna otra empresa que, sin haber invertido mucho en R-D, sea capaz de explotar esa innovación (Tilton, 1971).

Un estudio reciente de Constantin Vaitsos (1974) plantea dudas aún más serias en cuanto a la relación entre R-D y sus retornos. A través de un análisis empírico muy detallado, este autor demuestra que los beneficios que una empresa obtiene de innovaciones tecnológicas tienen mucho más que ver con su capacidad para manipular mercados que con su capacidad tecnológica pura.

Este conjunto de serias dificultades teóricas no se originan por cierto en una única causa. Creemos, sin embargo, que en el trasfondo de la mayoría de ellas está el frustrado intento de interpretar el cambio tecnológico mediante un modelo ampliamente difundido y que en principio parece obvio y razonable. Se trata del modelo que propone que el cambio tecnológico es generalmente el resultado de algún descubrimiento científico muy importante, a partir del cual se pone en movimiento la rueda del progreso técnico, y que se lleva a cabo según tres etapas bien diferenciadas: invención, innovación y difusión (Freeman, 1977). Si bien este modelo se ha aplicado con éxito en algunos casos especiales, ha terminado siendo una especie de chaleco de fuerza dentro del cual se ha tratado de encerrar la realidad, y se ha convertido de hecho en un serio obstáculo para la comprensión del proceso de cambio tecnológico. N. Rosenberg (1976) lo ha criticado sagazmente, señalando que las etapas invención-innovación-difusión, si bien son útiles para el análisis neoclásico porque, por un lado proveen categorías netas para la cuantificación y, por el otro, destacan implícitamente la importancia de la ciencia y por extensión de la "ciencia económica", dejan completamente de lado la gran diversidad de fuentes del cambio tecnológico y en particular ignoran que "formas de conocimiento relativamente pedestres y ordinarias pueden desempeñar un papel desconcertantemente grande". Mediante una serie de ejemplos, Rosenberg ha demostrado que la distinción

entre invención e innovación, por ejemplo, realmente oscurece el proceso concreto de cambio tecnológico en lugar de aclararlo, lo que suele traducirse en acaloradas polémicas que en verdad no son más que discusiones sobre palabras. Tal es el caso de lo ocurrido en 1958 con la publicación del libro *The Sources of Invention*: sus autores (Jewkes, Sawyers y Stillerman) demuestran, con abundantes pruebas empíricas analizadas con todo rigor, que en el siglo XX el inventor individual continúa siendo la fuente más importante de inventos, por lo que sostienen que es el elemento más importante en la producción de cambio tecnológico, contra la opinión corriente –también avalada por numerosos antecedentes– de que habría sido desplazado por equipos de investigadores organizados en laboratorios y centros de investigación. Estas posiciones contrapuestas originaron una polémica que todavía se mantiene en algunos sectores y que, en verdad, podría haber sido evitada, puesto que, en cierto sentido, ambas tienen parte de razón. Por un lado, es cierto que el inventor individual es todavía el mayor productor de inventos. También es cierto que los laboratorios organizados son los mayores productores de cambio tecnológico. Lo que pasa es que *no* todo invento se traduce en un cambio tecnológico, y *no* todo cambio tecnológico se origina en inventos (Rosenberg, 1976), sino que es el resultado de "formas de conocimiento relativamente pedestres y ordinarias". La polémica se origina porque ambos bandos aceptan, implícitamente, el modelo invención-innovación-difusión, lo que los lleva a privilegiar el papel de la invención como el desencadenante del proceso. Muchos de los ejemplos de Jewkes *et al.* muestran que los inventos deben ser "procesados" en laboratorios o en plantas *antes* de que produzcan el cambio tecnológico buscado.

En resumen: se carece aún de un marco conceptual adecuado para el análisis del proceso de cambio tecnológico y lo que se tiene es un conjunto de estudios y modelos apropiados para ciertos casos, pero que carecen de generalidad y que no pueden ser utilizados para responder cuestiones

'políticas, tales como la factibilidad económica de un determinado cambio (Rosenberg, 1976). R. Nelson y S. Winter (1977) lo han expresado con toda claridad:

> Virtualmente no hay puentes conceptuales entre estudios tales como el proyecto SAPPHO, que investiga las condiciones necesarias para que haya innovaciones exitosas, el estudio de Jewkes, Sawyers y Stillerman sobre las fuentes de las invenciones, y los estudios sobre difusión realizados por economistas como Mansfield y Griliche. Más importante aún es que no hay forma de conectar estos estudios con las investigaciones que se realizan sobre crecimiento diferencial de la productividad. Nuestro conocimiento está balcanizado.

Podemos decir entonces que lo que tenemos es una mezcla de problemas específicos sin resolver y que falta un marco conceptual adecuado para ubicarlos. Lo que Freeman, Rosenberg, Nelson y otros han probado es que los problemas más importantes en economía de la tecnología están lejos de haber sido resueltos. En verdad, en el corazón de esta constelación de problemas está la cuestión fundamental de la relación entre ciencia, tecnología y desarrollo, una cuestión que aparece engañosamente empírica y que debe ser analizada en forma diferente a lo que se ha venido haciendo hasta ahora.

Nuestro propósito es mostrar que algunos de estos tópicos en debate son vistos de una manera diferente cuando se los analiza desde la perspectiva de la estructura productiva y según "la manera de pensar" de la economía política. Este enfoque parece ayudar a alcanzar un entendimiento global de los procesos de cambio tecnológico y de R-D, no tanto porque sea capaz de resolver todos los problemas específicos, sino sobre todo porque parece capaz de ordenarlos en forma coherente, suministrando así nuevas bases para desarrollos futuros.

2. La tecnología en la estructura productiva

Elegir la estructura productiva como marco de referencia significa tratar de analizar el cambio tecnológico desde la

perspectiva de dicha estructura, en relación con sus principales características. Es por cierto un enfoque restringido, ya que parece dejar de lado algunas dimensiones tan importantes del problema, como la cultural y la política. Pero no nos proponemos olvidarlas, sino simplemente postergar su tratamiento hasta haber comprendido mejor cómo se comporta la tecnología en la estructura productiva. En todo caso no hay que olvidar que el cambio tecnológico no ocurre en el vacío, sino en el seno mismo de la estructura productiva, y que es desde allí que proyecta sus grandes impactos sociopolíticos. Por eso podríamos decir que este enfoque, aunque limitado, es muy privilegiado.

Elegir el "modo de pensar" de la economía política para efectuar el análisis significa tratar de articular las múltiples dimensiones del problema mediante una visión más amplia que le provee "el modo de pensar" neoclásico, según una sugestión de Freeman (1977): "Aunque la ciencia económica, en su versión más restricta, puede aún aportar importantes contribuciones, la vieja tradición de la economía política ofrece un potencial mucho más vasto." Y lo cierto es que hemos encontrado que este mayor potencial de análisis es capaz de resolver adecuadamente muchos de los problemas en discusión, como lo veremos a lo largo de todo este libro.

La función social de la estructura productiva de un determinado país (o sociedad) es suministrar los bienes (de capital y de consumo) y los servicios que éste necesita para su funcionamiento regular y adecuado. La tecnología necesaria para desempeñar tal función es suministrada a la estructura productiva casi exclusivamente mediante operaciones económicas: sea por producción directa —como ocurre en toda unidad económica que utiliza la tecnología que ella misma produce— sea por comercio —cuando la unidad económica adquiere la tecnología ofrecida por otros— (Sabato, 1971). Esa tecnología tiene en consecuencia, *un precio* y es, por lo tanto, desde la perspectiva de la estructura productiva, una *mercancía*.

Hay tres características de esa mercancía que nos interesan principalmente:

a) Como cualquier otra mercancía, la tecnología tiene un *valor de uso* y *un valor de cambio*; es importante no confundir el uno con el otro, como lamentablemente ocurre con bastante frecuencia.
b) La tecnología no es una máquina, ni un diagrama, ni una receta, ni un programa de computadora, ni una fórmula, ni un diseño, ni una patente, sino mucho más. Incorporada, como en una planta industrial, desincorporada, como en un conjunto de planos o en una mezcla adecuada de ambos tipos, la tecnología es un *paquete* de conocimientos organizados de distintas clases (científico, técnico, empírico, etc.) provenientes de diversas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, manuales, patentes, etc.) a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, espionaje, expertos, etcétera).

Sin llamarla paquete, Freeman (1977) la ha definido muy precisamente:

> Para introducir un nuevo producto o proceso, la empresa debe frecuentemente obtener conocimientos de fuentes muy diversas: de los clientes, de los proveedores, de las universidades, de los laboratorios públicos, de los competidores, de los licenciatarios, etc. Pero todo este conocimiento debe ser usado, modificado o sintetizado en forma tal que sea capaz de satisfacer los requerimientos específicos de la empresa.

c) Mientras que durante milenios el hombre produjo tecnología de manera espontánea, asistemática y casi *amateur* (en forma artesanal), en las últimas décadas este modelo de producción de la tecnología ha cambiado drásticamente y se ha transformado en una actividad específica, organizada, diferenciada y continua, con su propia identidad, su propia legitimidad y sus propias características económicas. Y así como las mercancías corrientes se producen en establecimientos corrientemente denominados fábricas, lo mismo ocurre ahora con la tec-

nología, con la diferencia de que a las fábricas de tecnología se las designa con nombres tales como "laboratorios de investigación y desarrollo", "departamentos de R-D", "centros de R-D" y similares.

Este salto de la producción artesanal de tecnología a su manufactura industrial es uno de los factores claves de lo que se ha dado en llamar la Segunda Revolución Industrial. Y ha surgido así un nuevo proletariado: los científicos, técnicos y asistentes que trabajan en las fábricas de tecnología y que venden su fuerza de trabajo en el mercado, fuerza de trabajo que se emplea en la producción de una mercancía muy valiosa, la tecnología.

La propuesta de considerar a la tecnología como una mercancía produce generalmente dos reacciones: para algunos, la tecnología es demasiado abstracta para ser mercancía, y su valor económico debe ser diferente al de una "mercancía concreta", como un par de zapatos, un automóvil o una máquina herramienta; para otros, la tecnología es mucho más que una mercancía, y tratar de reducirla al mismo nivel económico que un par de zapatos, un automóvil o una máquina herramienta no sería otra cosa que economicismo vulgar. Nuestra respuesta a ambas objeciones es simplemente la de verificar que en la estructura productiva la tecnología se comporta como una mercancía, según la definición propuesta por Hunt y Schwarz (1972): "Una mercancía es un elemento que sirve para algo y que se lo produce para ser intercambiado en un mercado autónomo. Sus propiedades se deben a este doble carácter. En primer lugar, es un objeto útil. En segundo lugar, cuando se lo lleva al mercado, adquiere un status social definido, un valor". O, de acuerdo con la definición de K. Boulding (1968): "Una mercancía es algo que es intercambiable y que consiguientemente tiene un precio".

Comencemos con un análisis de las diferencias entre el valor de uso y el valor de cambio de una tecnología dada. Como en cualquier mercancía, el valor de uso de una tecnología producida para realizar un determinado propósito

(un nuevo proceso, o la modificación de uno en uso, o un nuevo producto, o una nueva aplicación de un producto existente, etc.) está determinado por lo bien que esa tecnología cumple con ese determinado propósito. El valor de cambio de esa misma tecnología se mide por la proporción en que su valor de uso se cambia por el valor de uso de otra mercancía, sea directamente, sea a través de dinero.

Mientras que el valor de uso depende de la utilización práctica del conocimiento contenido en el paquete tecnológico, el valor de cambio es el resultado de la apropiación privada de la tecnología por alguien (el propietario) y de esa manera "conlleva un cierto grado de poder de mercado y, en consecuencia, capacidad para generar rentas monopólicas" para el propietario (Sercovich, 1975). El comprador demanda la tecnología porque necesita su valor de uso; el vendedor la suministra para realizar su renta monopólica mediante esa transacción. En consecuencia, el valor de cambio resulta del "juego de poder" entre vendedor y comprador. Cuando una tecnología es producida teniendo en cuenta solamente su valor de uso, lo que tiene importancia es el conocimiento mismo contenido en ella y su aplicación a un determinado propósito; pero si se toma en cuenta su valor de cambio, lo que tiene importancia es *cómo* será procesado el conocimiento para lograr un paquete que asegure el óptimo poder de mercado para el vendedor.

Los tres ejemplos siguientes ilustran algunos de los problemas que resultan a causa de confundir valor de uso y valor de cambio.

Primer ejemplo: dependencia tecnológica

La falta de una clara comprensión de la diferencia entre valor de uso y valor de cambio puede conducir a un diagnóstico equivocado de la naturaleza de la dependencia tecnológica y, consiguientemente, a una mala estrategia para lidiar con ella, como ha ocurrido en diversos países. Como ha mostrado F. Sercovich (*op. cit.*), si la tecnología es considerada solamente en la dimensión de su valor de uso "la

dependencia tecnológica resulta del desarrollo muy limitado de las capacidades domésticas". En consecuencia, la estrategia para superar dicha dependencia se basaría en el desarrollo de una fuerte infraestructura científico-técnica nacional.

Pero si bien es cierto que ésa es una etapa necesaria en la lucha contra la dependencia tecnológica, de ninguna manera es una condición suficiente. Cuando se considera a la tecnología en su dimensión de valor de cambio, "la dependencia tecnológica se relaciona con categorías tales como el poder de mercado y la dependencia económica" (Sercovich, *op. cit.*) y, en consecuencia, para lidiar con ella se requiere actuar sobre la política económica del país, especialmente en asuntos tales como la inversión extranjera, la legislación de patentes y marcas de comercio, el control de la tecnología importada, etc. Es decir, se hace necesario intervenir en un conjunto de asuntos que nada tienen que ver con la infraestructura científico-técnica.

En consecuencia, una adecuada estrategia contra la dependencia tecnológica deberá basarse en el reconocimiento de la importancia de ambas dimensiones de la tecnología, su valor de uso y su valor de cambio, y operar simultáneamente sobre la política económica y sobre la política científico-técnica.

Segundo ejemplo: patentes

En los países menos desarrollados y hasta mediados de la década del 60, la sabiduría convencional referente a la legislación sobre patentes establecía que su objeto era fortalecer la capacidad local de invención a través de una protección adecuada. Esto se basaba evidentemente en la creencia de que el valor de uso de la tecnología local era el objetivo principal de esa legislación. Pero cuando se comenzó a ver la tecnología como una mercancía, se descubrió que lo que en realidad hace esa legislación es fortalecer el valor de cambio de la tecnología al aumentar el poder de mercado de los inventores, y como las estadísticas lo demuestran terminantemente, los inventores locales de dichos países

son muy escasos, por lo que la legislación nacional de patentes en realidad aumenta la posición monopólica de los poseedores de patentes, que en su gran mayoría son empresas extranjeras y, principalmente, empresas transnacionales. En los países donde esto se ha comprendido se han introducido modificaciones a la legislación, a fin de aumentar la capacidad de negociación de los nacionales frente a los extranjeros, basadas en una clara distinción entre valor de uso y valor de cambio.

Tercer ejemplo: valor de cambio

La confusión entre ambos valores ha sido también en buena medida responsable de un concepto muy difundido, que ha inspirado la política científica de numerosos países y ha sido la piedra fundamental de muchos Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología. Ese concepto es el de que "la buena ciencia produce buena tecnología". En realidad, lo que produce la "buena" ciencia es "buen" conocimiento, es decir conocimiento con un buen valor de uso, o sea condición necesaria pero no suficiente para producir buena tecnología. Para que una tecnología tenga éxito en el mercado, debe ser capaz de adquirir un buen valor de cambio, y ello depende de muchos otros factores, además del "buen" conocimiento. Algo puede tener un excelente valor de uso y sin embargo resultar un fracaso comercial, como lo ha probado el proyecto SAPPHO (S.P.R.N., 1973), una investigación muy detallada que ha analizado numerosos ejemplos de éxitos y fracasos en tecnología, y ha encontrado numerosos ejemplos en los que tecnologías con alto valor de uso no han sido capaces de obtener aceptables valores de cambio, y en consecuencia, han resultado fracasos comerciales.

3. La tecnología como paquete

El modelo de análisis más frecuentemente utilizado supone que el cambio tecnológico es la culminación de una secuencia que, comenzando por la investigación básica, pasa

por la investigación aplicada y termina en la tecnología. Por eso trata siempre de encontrar *el* conocimiento científico, que es el *origen* de una tecnología determinada, o *la* invención que precede a una innovación. Es un modelo que podríamos llamar "atomístico": su unidad de análisis es *el* conocimiento. Pero en realidad las cosas no ocurren así, salvo en algunos casos excepcionales, como lo ha hecho notar H. Hollomon (1966): "uno de los mitos intelectuales más difundidos de las últimas décadas es la creencia de que la tecnología no es otra cosa que ciencia aplicada y que, por lo tanto, es suficiente producir ésta para obtener aquélla". En las palabras de F.R. Jevons (1976), "si se estudia casi cualquier innovación con algún cuidado no se encontrará que esté basada en una única invención. En promedio, detrás de cada innovación hay tres ideas técnicas, no una sola". También C. Susskind (1976) es terminante: "Los procesos de invención, innovación y desarrollo no están definidos con precisión, por lo que los esfuerzos para diferenciarlos entre sí, sea por razones históricas o de planificación, están destinados a fracasar".

Por el contrario, el modelo basado en el concepto de paquete tiene la suficiente flexibilidad para incorporar todos los *inputs* que intervienen en el cambio tecnológico, y hacerlo sin perder de vista sus características propias, de manera de poder así respetar su multidimensionalidad. En particular, este modelo reconoce que no hay un *único* origen del cambio tecnológico; a veces puede ser la investigación científica, pero en muchos casos es el diseño industrial, la simple copia, descubrimientos empíricos, etc. Por definición, el paquete tecnológico *no* es "atomístico" sino más bien holístico, ya que comprende un conjunto de elementos originados en fuentes diversas. Así, en un estudio muy detallado, M. Gibbons y R. Johnson (1972) analizaron 30 recientes innovaciones importantes realizadas en Gran Bretaña y pudieron encontrar unos 900 *inputs* diferentes, de los cuales un tercio provenía de fuentes externas a la empresa, un tercio era de origen científico y un tercio era de origen técnico y empírico.

El paquete no debe ser considerado simplemente una metáfora o un auxiliar didáctico: nosotros lo proponemos como la *unidad de análisis* para el estudio de la tecnología, funcionalmente más adecuada que la unidad de análisis empleada en el modelo habitual, el conocimiento científico. Probaremos a lo largo de este capítulo, y lo corroboraremos en otros, que el empleo de esta unidad de análisis, conjuntamente con la característica de mercancía que hemos atribuido a la tecnología, hacen posible proponer respuestas a cuestiones difíciles que el modelo "atomístico" habitual no ha sido capaz de resolver. Se trata, por ejemplo, de lo que ocurre con el diseño industrial: muchos autores (como Layton, 1976) han llamado la atención sobre su importancia en la producción de tecnología, pero no se ve cómo incorporarlo adecuadamente en ese modelo, mientras que, por el contrario, en el modelo del paquete ocupa naturalmente su lugar, puesto que el diseño es justamente una de las etapas principales en la confección de un paquete tecnológico. Algo semejante ocurre con el espionaje industrial, una práctica muy difundida en la producción de tecnolgía, pero casi nunca considerada en los estudios académicos y, en consecuencia, fuera del modelo habitual. En el modelo del paquete, en cambio, por definición, el conocimiento que pasa a formar parte de un paquete puede provenir de cualquier fuente y según cualquier método, incluyendo el espionaje y el robo, entre otros. Por tal razón, este aspecto del mundo "real" puede ser explicado más adecuadamente por este modelo.

Una de las características claves de un paquete tecnológico dado es la especificidad de su diseño. En otros términos, cada paquete es diseñado para realizar una función precisa en la estructura productiva. En consecuencia, el principio rector del diseño es que sus diversos componentes (conocimientos provenientes de diversas fuentes) sean elegidos y utilizados de manera de obtener el resultado deseado. Por lo tanto, no interesa en absoluto si ese conocimiento es original o no, científico o no, producido por R-D propio o ajeno, adquirido a un proveedor, adaptado

de una vieja tecnología o inventado recientemente, obtenido localmente o importado, etc., siempre que la combinación adecuada de todos los elementos necesarios suministre el paquete correcto, entendiéndose por tal el que realice la función asignada con la máxima eficiencia y el mínimo costo. Es justamente para lograr esto que toda tecnología debe necesariamente pasar por una etapa inicial de ajuste a las condiciones reales del sistema, etapa generalmente larga, penosa y cara (que en inglés se denomina muy apropiadamente *debugging*). Sólo así se logra el paquete definitivo. Por eso S. Hollander (1965) ha señalado que los cambios técnicos introducidos en las plantas industriales incluyen "métodos usados por primera vez en esa planta, o modificaciones de métodos, careciendo de importancia el origen de la tecnología subyacente y también si desde el punto de vista de la industria en su totalidad, de la nación toda o del mundo entero, los métodos son imitativos o no".

Hay una importante "condición de borde" que no debe ser ignorada cuando se diseña un paquete tecnológico: toda estructura productiva tiene su propia racionalidad, definida explícitamente por un conjunto de "reglas de juego" con un sistema de "castigos y recompensas" para sus participantes y que opera según canales aceptados para sus *inputs* y *outputs*. El suministro de tecnología debe ajustarse a esa racionalidad (cualquiera que ella sea); de lo contrario, la estructura productiva rechazará los paquetes que no cumplan con ese requisito, como ocurrió con la tecnología de producir petróleo a partir de carbón durante la época de los precios ridículamente bajos del petróleo. Y si se la obliga a aceptarlos, podrá ser seriamente perturbada —como ha ocurrido en muchas sociedades tradicionales cuando se les ha introducido tecnologías muy avanzadas o como ha ocurrido recientemente en Gran Bretaña, donde la introducción de una nueva tecnología para imprimir diarios, ha producido nada menos que la clausura del *London Times*— o eventualmente modificada en forma radical, como ocurrió en la Inglaterra del siglo XVIII con la introducción de la máquina de vapor. Como los productores eficien-

tes de tecnología ajustan sus conductas de manera de tratar de optimizar sus ventajas según los términos de la racionalidad imperante, esto influye fuertemente sobre la dirección de cambio tecnológico prevaleciente en un momento dado.

J. Baranson (1978) ha criticado el modelo del paquete diciendo que es un mito que "la ciencia y la tecnología puedan ser empaquetadas como una mercancía cualquiera". Agrega que "la ciencia y la tecnología no vienen en unidades autocontenidas que puedan ser empaquetadas y enviadas de una parte del mundo a otra. La tecnología resulta de una serie de actividades que incluyen investigación, desarrollo e ingeniería, a su vez íntimamente ligada a las actividades productivas y de comercialización. La mayoría de los cambios industriales [. . .] resultan de un proceso continuo compuesto de miríada de elementos".

Nosotros estamos completamente de acuerdo con esta opinión respecto al cambio tecnológico e industrial, pero no creemos que invalide el concepto de paquete como tal. Éste existe como una unidad comercial: cuando se compra tecnología incorporada (una máquina, por ejemplo) o desincorporada (un contrato de *know-how*, por ejemplo) lo que se compra es una mercancía *bien definida*, algo que tiene límites bien definidos; de lo contrario la operación comercial no podría realizarse. Pero los límites de esta mercancía bien definida no son necesariamente estáticos, y cuando se la va a utilizar, sufre las transformaciones descritas por Baranson, a través de adaptaciones, modificaciones, *debugging* o cambios aún más importantes. Pero el punto de partida en la operación de compra está bien definido: es el paquete tecnológico objeto de transacción comercial.

Presentaremos ahora algunos ejemplos para ilustrar algunas de las posibilidades que ofrece el modelo del paquete.

Cuarto ejemplo: ciencia y tecnología

Como es bien sabido, el viejo debate sobre las relaciones entre ciencia y tecnología está aún lejos de haber sido re-

suelto y las posiciones varían desde la de aquellos que consideran a la tecnología simplemente como ciencia aplicada, hasta la de los que sostienen que la ciencia no tiene ninguna influencia sobre la tecnología. O. Mayr (1976) afirma:

> El problema de la relación ciencia-tecnología ha involucrado a filósofos, sociólogos, historiadores, ingenieros, científicos, administradores, etc. Todos estos grupos han participado en el debate defendiendo su propio punto de vista, procurando sus propios intereses y empleando una variedad espectacular de métodos y terminologías, generando así una literatura tan vasta como confusa.

Desde la perspectiva del paquete, sin embargo, la clave de este problema se puede encontrar en otra consideración de Mayr, en el mismo trabajo:

> Debemos reconocer que los conceptos de ciencia y tecnología están sometidos al cambio histórico, por lo que épocas y culturas diferentes los designan de diversas maneras y, consecuentemente, realizan acciones prácticas distintas en relación con ellos.

En otras palabras, para cada momento histórico el problema debe ser analizado en relación con un marco de referencia bien definido. Para el modelo del paquete, ese marco es la estructura productiva vigente en nuestro tiempo. En tales circunstancias precisas se pueden formular las siguientes observaciones sobre las relaciones actuales entre ciencia y tecnología:

a) El conocimiento científico es uno de los principales componentes de los paquetes tecnológicos, pero no es el único, ya que la tecnología utiliza también conocimientos empíricos. Paquetes con base científica se utilizan a lo largo de toda la estructura productiva, desde las telecomunicaciones hasta la fabricación de hamburguesas. Algunas viejas tecnologías como la fundición, la soldadura, el curtido de cueros, etc., están en violenta transforma-

ción como consecuencia de la incorporación continua de conocimientos científicos. Otras han nacido directamente de la ciencia (como la microelectrónica, la energía nuclear, etc.) y en consecuencia no pueden ni siquiera ser imaginadas sin su participación. Sin embargo, hay también paquetes de gran significación socioeconómica, en los cuales la importancia de la ciencia es mínima. Es el caso, por ejemplo, de un gran cambio tecnológico ocurrido en el campo del transporte: la introducción del contenedor en el transporte marítimo y del *piggy-back* en el transporte ferroviario. Si bien estos paquetes tecnológicos usan ampliamente la tecnología de las computadoras, su fundamento no proviene de la ciencia y no fueron precedidos por ningún descubrimiento científico específico. En realidad, la principal base teórica del contenedor es la teoría de la caja de zapatos.

b) Mientras que la ciencia emplea exclusivamente el método científico, que es el único que acepta como legítimo, la tecnología usa cualquier método (científico o no) y su legitimidad es evaluada en relación con el éxito que con él se obtiene.

c) La originalidad, en el sentido epistemológico, es crucial en el quehacer científico, pero resulta irrelevante en los paquetes tecnológicos: para ellos cuenta solamente su conveniencia económica.

d) La coherencia lógica es un requisito estricto de los desarrollos científicos, no así de los paquetes tecnológicos, para los que importa más su performance en la estructura productiva.

Quinto ejemplo: innovación y adaptación

Un tema muy debatido es el de la importancia económica relativa de la innovación frente a la adaptación, debate que se origina en aceptar que estas dos categorías, que analíticamente se presentan como netamente diferentes, lo son igualmente en el mundo real. En verdad, una vez que estas categorías fueron introducidas y aceptadas, se presentaron

serias dificultades cuando se trató de evaluar sus respectivos impactos económicos. Así, por una parte, Schmookler (1966) ha mostrado que "mejoramientos técnicos anónimos, no patentados e incrementales, así como inventos menores patentados han tenido consecuencias muy importantes y en muchos casos muy superiores a las de invenciones mayores". Pero al mismo tiempo, como dice Freeman (1977) "sería difícil negar que inventos tales como la xerografía o el espectrómetro de absorción atómica representaron saltos imaginativos".

Utilizando el concepto de paquete, el debate no es muy relevante. Por definición, un paquete debe contener todo lo necesario para cumplir con su objetivo y, en consecuencia, consistirá en inventos mayores y menores, junto con adaptaciones adecuadas, copia servil y cualquier otro elemento útil. En las palabras de Rosenberg (1976):

> Económicamente hablando, la innovación no es un acto singular bien definido, sino una serie de actos estrechamente ligados al proceso innovador. Una innovación adquiere significación económica solamente a través de un largo proceso de rediseño, modificación y *mil* pequeñas mejoras que la adecúan a un mercado masivo (el subrayado es nuestro).

Sexto ejemplo: cambio tecnológico y sustitución de factores

Hasta el presente los resultados de los numerosos intentos de estudiar el cambio tecnológico utilizando la función de producción como herramienta analítica han sido altamente insatisfactorios. Como lo dice Freeman (1977):

> Los estudios basados en este método pueden ser específicamente criticados por no reconocer la importancia de las complementariedades en el cambio social y técnico, por dejar de lado todas las otras disciplinas de las ciencias sociales, por su falta de sentido histórico y por su reduccionismo.

Este método es, por cierto, atractivo, porque propone una descripción sencilla de un fenómeno complejo; lamen-

tablemente no ha sido capaz de dar lo prometido: respuestas cuantitativas.

En su entusiasmo por crear un modelo predictivo dotado de las cualidades matemáticas características de las "ciencias duras", la función de producción no sólo ha demostrado tener poca capacidad predictiva sino que además distorsionan fuertemente la realidad que pretende explicar. En su reducción, literal, de capital y trabajo a *inputs* unidimensionales en un proceso bidimensional (el sistema de coordenadas donde se representa la producción), lo que realmente logra es aniquilar las sutiles y complejas relaciones que existen entre estos dos factores y el cambio tecnológico. La necesaria perspectiva histórica enseña que dichas relaciones no pueden ser englobadas en una función que considera al cambio tecnológico como "exógeno", estableciendo una diferencia neta entre "sustitución de factores" (capital y trabajo) y "cambio tecnológico". Desde el punto de vista del modelo del paquete, esta diferencia no sólo es confusa sino que también es artificial. En efecto, supongamos que un cierto paquete está en uso en un proceso productivo dado. Si ocurre un cambio en los precios de los factores, lo que el empresario deberá hacer será modificar el paquete de manera tal de no verse perjudicado por dicho cambio y, si es posible, mejorar aún su posición relativa. A él no le interesa si el nuevo paquete (o el viejo modificado) se obtiene por sustitución de factores (es decir, moviéndose a lo largo de la curva que representa la función de producción) o por cambio tecnológico (es decir, pasando de una función de producción a otra). Podrá hacer cualesquiera de ellas o, más probablemente, una "mezcla" de ambas, es decir, algo de sustitución de factores y algo de cambio tecnológico, que podrá ser producido por él mismo u obtenido de otra fuente. Lo que a él le importa es el resultado final: que el paquete así modificado sea capaz de responder satisfactoriamente al desafío propuesto por el cambio de precio de los factores.

En consecuencia, diferenciar entre ambas categorías —cambio tecnológico y sustitución de factores— no es ne-

cesario en el proceso real ni tampoco conveniente para el análisis.

Este ejemplo muestra de qué manera se distorsiona la realidad cuando se trata, sin éxito, de obtener explicaciones y predicciones cuantitativas utilizando la función de producción. Si se utiliza, en cambio, el concepto de paquete, pareciera lograrse al menos una descripción más adecuada del mundo real y quizá puedan eventualmente lograrse mejores resultados cuantitativos.

Séptimo ejemplo: adaptación de tecnologías

Se trata de otro caso interesante, en el cual el modelo habitual tiene serias dificultades para su interpretación. Un programa de investigación sobre ciencia y tecnología en América Latina, realizado con el auspicio conjunto del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), ha demostrado que las tecnologías que se utilizan en numerosas plantas industriales latinoamericanas presentan elementos significativos de inesperada creatividad e innovación (para más detalles véase el capítulo VII). A este respecto, R. Nelson (1979) ha observado:

> [Estas] tecnologías tienden a ser bastante peculiares y no podría describirlas como atrasadas [...] [En verdad] sus principales características *son difíciles de reconciliar* con la teoría formal ortodoxa.

Sin embargo, desde el punto de vista del modelo del paquete, estos resultados no son difíciles de comprender. Simplemente muestran que cuando en un proceso industrial se emplea un determinado paquete tecnológico, éste tiene que ser modificado para ajustarse a las circunstancias, lo cual requiere mucha creatividad. Lo que pasa es que no hay que separar netamente innovación de producción: por definición, todo paquete está abierto a cambios, algunos muy sencillos (y hasta triviales), otros muy complejos e importantes. Estos cambios pueden ser originados por una

serie de factores, que el programa BID-CEPAL clasifica en:

A. *Exógenos a la empresa*: a) Cambios en los costos relativos de los factores; b) Crecimiento del mercado; c) Rivalidad con otras empresas; d) Aumento en el conocimiento técnico; e) Etapa en el ciclo del producto.
B. *Endógenos a la empresa*: a) Tamaño de la empresa; b) Desequilibrios internos.

Cuando uno o varios de estos factores están presentes, la empresa debe reaccionar y lo hace mediante actividades formales de R-D o mediante actividades informales, que es lo que ocurre más frecuentemente en los países menos desarrollados y que el programa BID-CEPAL denomina R-D implícito. Todo esto es por cierto muy natural en el modelo del paquete, de la misma forma que es normal el *debugging*. Significa simplemente que el paquete debe adaptarse a las condiciones reales del proceso de producción, y no tiene importancia si esa adaptación se hace a través de actividades formales o informales.

Octavo ejemplo: tecnología apropiada

Como es sabido, hay una gran confusión en el presente debate sobre tecnología apropiada, confusión que va desde los conceptos principales (qué es y qué no es "apropiado"), hasta la forma y los medios para lograr introducir tecnologías apropiadas en la estructura productiva de un país real. El concepto de paquete permitiría obtener mayor claridad.

a) Un aspecto del problema está vinculado a la relación paquete-racionalidad. Ya hemos dicho que el diseño de un paquete es específico y que debe respetar la racionalidad imperante en la estructura productiva. Por lo tanto, es obvio que un paquete que es apropiado para "alguien" y con respecto a "algo" puede ser completamente inapropiado para "otro" y con respecto a "algo diferente". Tecnologías capital-intensivas desarrolladas en (y apropiadas para) países donde el capital es abundante y la

mano de obra escasa, mal podrían serlo para otros países donde el capital es escaso y la mano de obra abundante. Ésa es la situación en los países menos desarrollados, en los cuales, sin embargo, esas tecnologías son introducidas casi a diario. Si bien se trata de tecnologías inapropiadas para la gran mayoría de la población, son muy apropiadas para una minoría, cuya riqueza y poder resultan aumentados por acción de esas mismas tecnologías. Ésta resulta ser la verdadera racionalidad, dado que es esa minoría la que detenta el poder que dicta las reglas del juego. Por lo tanto, sin modificarlas, será imposible introducir otros paquetes tecnológicos, por muy apropiados que sean. Y es por eso que la introducción de tecnologías apropiadas no es un problema técnico, sino estrictamente político (Sabato y Mackenzie, 1980).

b) Otro aspecto está relacionado con los valores de uso y de cambio de los paquetes tecnológicos. Se invierte un gran esfuerzo en el desarrollo de nuevos paquetes, más apropiados, buscando obtener mejores valores de uso que los de los paquetes actualmente en uso. Pero en muchos casos se deja completamente de lado la dimensión valor de cambio de los mismos, sin la cual será muy difícil su incorporación a la estructura productiva. Es exactamente lo que está ocurriendo con muchos nuevos paquetes, bien diseñados y mucho más apropiados que los que están en uso, pero que sin embargo van a dormir a los archivos.

4. Producción y comercio de tecnología

La producción de tecnología puede ser ahora descrita como la producción de paquetes tecnológicos: el proceso industrial de R-D utiliza una gran variedad de capacidades humanas, desde científicos y técnicos hasta abogados especialistas en patentes e investigadores de mercado, que realizan actividades de investigación, ingeniería, diseño, cálculo, control, etc., pero también –y con el mismo celo– licenciamiento de patentes, intercambio de información, redac-

ción de contratos, investigaciones de mercado, espionaje industrial, etc. Estas actividades se organizan alrededor de la tarea principal de producir bienes técnicos capaces de alcanzar valor de cambio en el mercado: patentes, planos, máquinas, manuales, plantas pilotos, *soft-ware* de computadoras, etcétera.

Para los responsables de este proceso de producción de paquetes es totalmente irrelevante si el *input*, que puede eventualmente ser inventivo o innovativo, proviene de un equipo de premios Nobel o de una buena tarea de espionaje. En la medida en que dicho *input* se obtenga tan económica y eficientemente como sea posible, su origen es indiferente.

Como la producción de una mercancía es su objetivo principal, el laboratorio industrial de R-D es esencialmente una *fábrica*, donde se procesan conocimientos para obtener paquetes tecnológicos. El modo de producción que en él impera es análogo al modo de producción que impera en cualquier otra fábrica: consiste en el adecuado procesamiento de recursos, efectuado según una cierta división del trabajo, para obtener una determinada mercancía. Es el concepto de fábrica que se encuentra en la literatura de la economía política: un modo de producción altamente desarrollado que ha evolucionado a partir de etapas anteriores de artesanado y manufactura. En los próximos dos capítulos describiremos cómo se ha realizado esta evolución en la producción de tecnología hasta llegar a su forma actual.

Pero no sólo la producción de tecnología ha cambiado radicalmente en este siglo: también su comercialización se ha convertido en una actividad económica especializada y ha terminado por dar origen a verdaderas *empresas de tecnología*, unidades económicas especializadas en la producción y comercialización de tecnología. El espectro de actividades de una empresa de tecnología es muy amplio; nuevos productos y procesos, estudios de factibilidad, ingeniería básica y de detalle, análisis de sistemas, control de calidad, asesoramiento legal y financiero, importación y exportación de tecnología, etc. (Véase el capítulo IV).

Para terminar, una advertencia importante: al formular nuestra propuesta de analizar la tecnología en la estructura productiva, en general, y el laboratorio industrial de R-D, en particular, según el "modo de pensar" de la economía política, no quisiéramos dar la impresión de que todos y cada uno de los fenómenos económicos conectados con el cambio tecnológico pueden ser explicados en forma neta mediante las categorías de "mercancía" y de "fábrica". Si, como lo estamos sugiriendo, hay un cambio cualitativo en la producción capitalista, equivalente al que ocurrió con la introducción de la máquina en la producción de bienes de capital, entonces lo menos que puede esperarse es un nuevo examen conceptual. Lo que queremos es suministrar un mínimo marco de referencia para ese re-examen, una forma de hacer más comprensible la enredada madeja envuelta alrededor de la producción y utilización de tecnología. Lo que queremos ofrecer es un marco de análisis para lo que creemos es una tendencia *histórica*, un proceso en desarrollo; la producción de tecnología en fábricas no es algo que explique todo –ni mucho menos– sino más bien una tendencia creciente y dominante.

II. Hacia un nuevo modo de producción de tecnología

Lo que diferencia una época económica de otra no es tanto qué es lo que se produce sino cómo se lo produce y con qué instrumentos.

K. MARX (1876, p. 286)

Durante los últimos 100 años, la capacidad de producción de tecnología de los países industrializados se ha acelerado enormemente. Evaluaremos esa situación en el actual sistema económico, así como su futuro desarrollo, mediante un análisis histórico de los diversos modos de producción de tecnología. Una aclaración previa: "modo de producción" suele emplearse con dos significados diferentes. En ocasiones, se usa esta expresión para referirse a la naturaleza homogénea de producción en una época determinada (como cuando se habla del "modo de producción capitalista" o del "modo de producción feudal"); en otras, para referirse a las distintas formas de organizar la producción aun en una misma época (por ejemplo cuando se habla de la producción "en fábrica" para diferenciarla de la producción "en taller"). Nosotros lo utilizaremos en este último sentido, como lo han hecho extensamente los economistas clásicos como Adam Smith, K. Marx (1976, p. 505), etcétera.

En la historia de la producción de mercancías, Marx dis-

tingue, en términos muy generales, tres etapas diferentes. La primera es la producción artesanal, la segunda es la manufactura y la tercera es la fabricación (la producción en fábrica). Las habilidades completas de los artesanos les permiten producir las mercancías por sí mismos. Luego el capitalista segmenta esas habilidades de manera que, localizando un cierto número de personas "bajo un mismo techo", divide la actividad productiva a fin de que los trabajadores realicen una serie de tareas articuladas (manufactura) que antes eran realizadas por una sola persona, el artesano, para producir una mercancía. Finalmente, ocurre la introducción de la maquinaria en el proceso, lo que lleva a la completa racionalización del proceso productivo, la desaparición de las habilidades artesanales y la creación de nuevas tareas y de nuevas destrezas adecuadas a dicha mecanización. El resultado más importante es el enorme aumento de la capacidad productiva. Este desarrollo histórico ocurrió tanto en el sector de bienes de consumo como en el sector de bienes de capital. Es lo que ocurrió en este último, con la introducción de maquinarias y de métodos fabriles para la producción de los propios bienes de capital, que Marx (1976, p. 579) vio como un gran salto adelante en el proceso productivo.

Consideramos que el modo de producción de la tecnología ha sufrido transformaciones análogas. A lo largo de la historia, el hombre produjo tecnología de manera artesanal; hacia finales del siglo pasado comenzó la etapa de manufactura, con la creación de los laboratorios industriales, donde científicos y técnicos fueron localizados "bajo un mismo techo"; en la actualidad estamos entrando en la etapa de máquina-factura de tecnología, producción en "fábrica", mediante la introducción de "maquinaria" especial cibernética y computarizada.

En este capítulo veremos cómo, gracias a Smeaton, Watt y otros, la forma artesanal y casi *amateur* de producción de tecnología comenzó a transformarse en una actividad más específica y profesional. Luego, hacia 1870, se inició la etapa manufacturera de producción de tecnología,

a partir del éxito alcanzado por la industria alemana en la producción de colores artificiales, que quedó definitivamente consagrada con Edison, en 1880, quien organizó en Menlo Park un verdadero "taller de tecnología", donde agrupó "bajo un mismo techo" una variedad de talentos con el objeto explícito de producir paquetes tecnológicos.

Al final de la Segunda Guerra Mundial comenzó un nuevo proceso, lentamente al principio, mucho más acelerado ahora, pero que está lejos aún de haber terminado: la transformación del "taller" de R-D en "fábrica" de R-D, con lo que emerge un nuevo modo de producción de tecnología, con una capacidad productiva mucho mayor.

1. Antecedentes históricos

Un siglo y medio antes de Edison las palabras "ingeniero" y "tecnología" no se utilizaban en el idioma inglés. Así, por ejemplo, hacia 1730, Desagulier, un suizo, llamaba la atención sobre la falta de ingenieros en Inglaterra, y para hacerlo utilizó la palabra francesa *ingénieurs*, ya que no había entonces equivalente en inglés. John Smeaton (1724-1792), quizá el primer gran ingeniero británico, decidió llamarse a sí mismo ingeniero *civil*, para contrarrestar de inmediato la suposición, común en esa época, de que todo ingeniero era necesariamente militar. En cuanto a "tecnología", basta recordar que fue hacia 1820 que Jacob Bigelow anunció en sus clases de Harvard que iba a emplearla para describir las "aplicaciones prácticas de la ciencia". En cuanto a la palabra "científico" como algo diferente a "filósofo natural", no fue de uso corriente hasta mediados del siglo XIX. Estos cambios lingüísticos, ocurridos desde Desagulier hasta comienzos de este siglo, cuando la "ingeniería" era ya la segunda profesión, en número, en los Estados Unidos (Noble, 1977, p. 38) indican los grandes cambios ocurridos en un dominio –el de la producción de tecnología– que tanta importancia tiene hoy en el mundo entero.

Este cambio en la apreciación de la significación e im-

portancia de este asunto puede también apreciarse por lo ocurrido con las patentes. Durante siglos la patente fue un privilegio concedido por autoridad real para la explotación de tierras o de empresas comerciales, por ejemplo para dar monopolio en el comercio de alguna mercancía; no tenía entonces ninguna conexión necesaria con inventos, aunque ello podía ocurrir en casos muy específicos.[1] Recién en 1836 en los Estados Unidos se aprobó una ley de patentes destinada a proteger invenciones originales, con lo que la idea de conceder derechos exclusivos para la explotación de riqueza pasó de la tierra y las mercancías a la invención e innovación tecnológica. Ésta era la demostración más concreta de que había una nueva forma de producir riqueza: la producción de tecnología.

Es bien sabido que este proceso comenzó con la Revolución Industrial, un período histórico de grandes transformaciones como fue reconocido –aun entonces– por ingenieros como Smeaton:

> Hacia 1760 comenzó en este país una nueva era en las artes y las ciencias. Todo lo que contribuye al confort, la belleza y la prosperidad de un país progresó con tanta velocidad y de manera tan evidente que marcó este período con particular distinción. (Citado por Hughes, 1976, p. 17)

Fue en ese proceso que comenzó a establecerse firmemente la relación entre ciencia y tecnología, relación que hoy nos parece tan natural pero que en verdad había sido hasta entonces mucho menos importante que la que existía entre las artes y la técnica, como la misma palabra "artesano" lo indica. Al respecto sostiene T. S. Kuhn (1972, p. 176):

> Durante la mayor parte de la historia, ciencia y tecnología, incluyendo las innovaciones tecnológicas, fueron actividades completamente separadas, realizadas por personas diferentes

[1] Alrededor del año 1450, Gintenburg solicitó en Maine los derechos exclusivos de la composición e impresión tipográficas.

> que provenían de grupos sociales diversos [...] Sólo en casos aislados hubo avances técnicos, resultado de la aplicación del conocimiento obtenido por la ciencia [...] Aunque los científicos obtuvieron conocimientos, habilidades y hasta conceptos teóricos de los artesanos, las leyes y teorías que ellos desarrollaron fueron durante mucho tiempo impotentes para mejorar las artesanías.

En varias investigaciones brillantes, C.S. Smith (1970) ha mostrado la importancia fundamental del arte tanto en el desarrollo de técnicas tan prácticas como la fundición y la forja de metales, así como en adelantos estrictamente científicos. Señala este autor:

> El descubrimiento científico más importante de toda la historia de la metalurgia –la identificación del carbono como el elemento responsable de las diferencias entre hierro fundido, hierro trabajado y acero– se debió a la investigación de un fenómeno estrictamente estético, las figuras decorativas producidas en las espadas llamadas de Damasco.

2. Los artesanos

La historia de la máquina de vapor –esa piedra fundamental de la Revolución Industrial– se remonta a 1606, cuando Giambattista della Ponta demostró, en lo que hoy llamaríamos "escala de laboratorio", que el vapor de agua tenía potencia para elevar agua. Esto interesó a muchas personas –incluyendo algunos nombres famosos, como el de Galileo– pero no se obtuvieron resultados prácticos hasta que Thomas Newcomen (1663-1729), con base en un diseño patentado por T. Savery, construyó la primera máquina con una concreta utilidad práctica: bombear agua desde las minas. Aunque el diseño de Savery era adecuado, fue necesario todo el saber artesanal de Newcomen para poder construir la máquina con las técnicas y materiales que existían en esa época. Es un buen ejemplo de un desarrollo teórico que se concreta en una realización práctica gracias a un hábil artesano (aunque hay que reconocer que Newcomen tenía también fuertes intereses científicos).

Pero el éxito de Newcomen no sólo tiene importancia por la máquina que construyó, sino también por el motivo que lo impulsó a realizarlo. Mientras que algunos de sus ilustres predecesores se habían interesado en la máquina de vapor por pedido de sus protectores o mecenas (Galileo recibió un pedido especial de Cosme de Médici II, Huygens de Colbert, que era entonces Ministro de Luis XIV), Newcomen lo hizo por razones comerciales, para ganar dinero. Y en verdad que ganaron mucho dinero los que habían adquirido la patente de Savery, y también los propietarios de las minas que adquirieron la máquina, ya que mientras que el costo de bombear el agua con caballos era de 24 chelines para unos 67 000 galones de agua, empleando la máquina de Newcomen se podían bombear 250 000 galones por sólo 20 chelines (Pacey, 1975, p. 204).

La vida y obra de Smeaton son un ejemplo muy interesante de esta síntesis entre ciencia, tecnología y negocios que caracterizó a muchos protagonistas de la Revolución Industrial. Pese a que su padre era abogado, Smeaton decidió a temprana edad que iba a ser fabricante de instrumentos tales como compases, sextantes, telescopios, etc., una profesión entonces no muy bien pagada pero que le permitió introducirse firmemente en lo que entonces era la "alta tecnología" europea (Price D. de S., 1968). Más tarde se interesó en la ingeniería práctica de grandes obras y en 1754 viajó a Holanda para estudiar los sistemas de dragado y de canales, los molinos de viento y otras obras similares. Para describir esta actividad, acuñó entonces la expresión "ingeniería civil", a la que dedicó grandes esfuerzos hasta llegar a constituir la "Sociedad de Ingenieros Civiles", conocida popularmente como "los Smeatonianos". Un avance notable si se tiene en cuenta que cincuenta años atrás (hacia 1730), cuando Smeaton era una criatura, el Puente de Westminster fue construido por un extranjero porque en Inglaterra, el país que iba a ser la cuna de la Revolución Industrial, no nabía nadie suficientemente capacitado para realizar dicha obra.

En 1768 y 1769 Smeaton se interesó en la máquina de

Newcomen y le introdujo algunos mejoramientos significativos, no como lo haría posteriormente James Watt gracias a su intuición creativa, sino más bien como consecuencia de un estudio racionalizado y sistemático. Lo que entonces hizo Smeaton fue un ejemplo de síntesis que posteriormente quedaría engranado en el sistema económico: con gran rigor sistemático estudió, por un lado, la máquina de Newcomen en un modelo construido a escala, y por otra, sus aplicaciones comerciales prácticas en las minas de carbón de Northumberland y de Durham. Su trabajo ha sido descrito como "un ejemplo cabal de lo que es el método experimental en la ciencia y de cómo se lo puede emplear para el mejor entendimiento de problemas de ingeniería" (Pacey, 1975, p. 208). Como prestigioso astrónomo *amateur*, estaba muy familiarizado con los *Principia* de Newton y en él se inspiró para sus cálculos sistemáticos y las aplicaciones de las "aproximaciones" (Pacey, 1975, p. 208). Pero así como las "leyes del razonamiento" fueron desarrolladas por Newton para la búsqueda de la verdad (Newton's *Principia*, III), a Smeaton le interesó utilizarlas (Smeaton's *Experimental Enquiry*, p. 17) para entender el problema de la *eficiencia*. Sus detalladas observaciones de la cantidad de carbón consumida en relación con la cantidad de agua bombeada fueron hechas por razones de *economía*. Y así logró aumentar al doble la eficiencia de la máquina de Newcomen mediante la introducción de mejoras de detalle y sin ninguna innovación radical, salvo quizá la del método empleado para producir las mejoras, es decir, la experimentación metódica y constante.

Pero las modificaciones introducidas por Smeaton no llegaron a tener un gran impacto industrial —salvo en el área de Cornwall— porque fueron rápidamente superadas por las que había desarrollado James Watt. Éste era tan sistemático como Smeaton y quizá estaba aún más imbuido que éste de lo que podríamos llamar "la filosofía natural de la época". Lo más importante, sin embargo, era que tenía mucho mayor imaginación creadora.

También Watt estudió, en la Universidad de Glasgow, la

profesión de fabricante de instrumentos. Tomó contacto con la máquina de Newcomen cuando el profesor John Anderson, de la cátedra de Filosofía Natural, le solicitó que se encargase de reparar una de ellas. Watt "analizó la máquina científicamente" (Kerker, 1976, p. 71) realizando una serie de experiencias para establecer las relaciones entre presión, volumen, calor y calor latente. No tenía ninguna experiencia previa sobre la máquina, ni tampoco sobre las aplicaciones industriales del vapor de agua, y quizá fue esto lo que lo ayudó a imaginar un cambio radical de diseño. La idea de construir el condensador separado de la máquina se le ocurrió en una de sus caminatas dominicales, en 1765, y al día siguiente volvió a su taller y construyó los primeros modelos con los que comenzó a realizar los experimentos y modificaciones que lo llevarían a patentar su dispositivo en 1769. Y esto es significativo: se preocupó mucho más en patentar que en publicar, porque su interés era mucho más comercial que científico. Aunque amigo de importantes "filósofos naturales" de su época, como John Robinson y Joseph Black, y "con mucho talento natural para haber sido un gran filósofo" (Kerker, 1976), Watt no estaba destinado a hacer carrera académica sino negocios.

Después de obtener su patente, Watt creó una empresa para la producción industrial de su máquina, pero se encontró con problemas muy difíciles de resolver —en particular con referencia a los materiales necesarios— y finalmente debió declararse en bancarrota en 1774. Pero éste fue finalmente un incidente venturoso, ya que lo llevó a establecer su exitosa sociedad con Boulton, un hombre de negocios de Birmingham que disponía no sólo de capital sino también de una buena experiencia en producción industrial. Establecieron entonces una empresa para explotar la máquina de Watt, empresa que mostraría de inmediato lo que con el tiempo serían las características comunes de las empresas tecnológicamente orientadas. Así, establecieron una clara diferencia entre la innovación tecnológica y su producción: durante los primeros 20 años de la sociedad, mu-

chas veces ésta no fabricó las máquinas sino que licenció a otros para que lo hicieran, mediante el pago de *royalties* por el uso de la patente y de honorarios por asistencia técnica. Con la misma orientación, la supervisión de la construcción de máquinas por los licenciatarios era realizada por agentes regionales de Boulton y Watt, responsables también de buscar nuevos clientes para la máquina, tarea que obviamente requería capacidad tanto en ingeniería como en el campo comercial. Y es así que el *marketing* se convierte en parte integral de un negocio basado en una innovación técnica.

Aunque la empresa de Boulton y Watt sólo se ocupó en sus primeros tiempos de máquinas de bombeo, Boulton se dio cuenta que era importante ampliar sus actividades y Watt comenzó a trabajar para desarrollar nuevas innovaciones destinadas a otras aplicaciones industriales. Fue así que desarrolló, entre otras, la máquina de vapor de doble efecto, un invento de gran importancia industrial y comercial y que, a diferencia de la primera, fue inventada en función de un objetivo claramente predeterminado.

Otro aspecto del negocio de la tecnología en que Watt fue pionero es la forma en que manejó el problema de las patentes. El ejemplo más interesante es el caso del invento para transformar en movimiento rotatorio el movimiento alternativo de una máquina. Cuando lo desarrolló, se encontró con que ya había sido patentado con anterioridad, por Mathew Wasborough, que en verdad lo había hecho a partir de una descripción de uno de los modelos de Watt, que le había vendido uno de los obreros del taller del propio Watt. Este en lugar de iniciar un juicio contra Wasborough, que hubiese obligado a una "apertura" de la patente para todo el mundo, decidió patentar todas las posibilidades imaginables de realizar esa conversión de movimientos, en forma tal de asegurar la posición más fuerte posible para su empresa. Así fue que por primera vez se realizó una práctica –la de "rodear" una patente principal con una constelación de patentes satélites– que se volvería posteriormente una práctica corriente en el negocio tecnológico.

Por todo esto, Watt es una importante figura histórica: el proceso por el cual su invento se convertiría en una realidad industrial y comercial definió en sus líneas principales un modelo que luego se iba a aplicar en todas partes.

Los últimos años del siglo XVIII y el siglo XIX han sido llamados el período del heroico inventor solitario. La designación es adecuada, pero convendría precisar que el inventor solitario era en general un hombre de negocios muy despierto —o tenía el ingenio suficiente para asociarse con uno que lo fuera— con una excelente capacidad artesanal, algunas conexiones científicas (Jewkes, 1956; Mussen y Robinson, 1969) y la paciencia y tenacidad necesarias para transformar una idea en un prototipo factible. Y en este proceso lo más importante no era tanto el *conocimiento* científico como el *método* científico, como bien lo hace notar Watt al reconocer su deuda con el filósofo natural Joseph Black: "Siempre acepté y reconocí lo que debía [. . .] particularmente en relación con el conocimiento de la teoría del calor latente [. . .]" (Kerker, 1976, p. 71). También admitió Watt que Black "le había enseñado la forma correcta de razonar y de realizar experimentos [. . .] lo que me ayudó notablemente a realizar mis inventos" (Fleming, 1952).

El modelo propuesto por Watt y Boulton, una síntesis de habilidad técnica, ciencia y negocios, se iba a convertir en el estilo dominante de la actividad inventiva hasta buena parte del siglo XIX, aunque hubo algunas excepciones importantes. Así, en Estados Unidos, antes de la reforma de la ley de patentes de 1836, Eli Whitney no tuvo la tenacidad suficiente para defender los derechos de invención de una máquina importante para la industria algodonera y entonces desvió sus esfuerzos hacia lo que en verdad terminó siendo un invento aún mayor: la producción de armas de fuego mediante un sistema de fabricación de partes intercambiables (Usher, 1929, p. 379). C. Goodyear, convencido de las enormes posibilidades comerciales de la goma vulcanizada, se lanzó a su desarrollo sin tener ningún conocimiento de química ni de ninguna

otra ciencia. Simplemente probó todas las combinaciones experimentalmente posibles hasta lograr la solución buscada. Su trabajo es un ejemplo extremo de lo que llamamos producción artesanal de tecnología. Según sus propias palabras:

> Yo me sentí alentado en mis esfuerzos pensando que lo que está oculto y desconocido y no puede ser descubierto por la investigación científica, lo podrá lograr, por accidente, aquella persona que persevere más en el intento y sea muy buen observador de todos sus ensayos.

3. Del artesanado a la manufactura

Una de las consecuencias más importantes de los trabajos de Watt y sus contemporáneos fue el cambio radical que sufrieron el comercio, la industria y los negocios por acción de la actividad inventiva-innovadora. Pero unos cien años después se produjo un nuevo cambio: Watt, asociado con Boulton, había descubierto un negocio basado en una invención mayor y muchas innovaciones posteriores; la etapa siguiente se caracterizó por la explotación directa del proceso de invención-innovación.

Quizás el primer ejemplo fue la industria alemana de colorantes. Hacia 1860, un grupo de compañías había entablado una feroz competencia con sus similares de Francia y Gran Bretaña, que unos años antes habían introducido colores artificiales preparados a partir del alquitrán de hulla. La historia ha sido narrada con todo detalle en la obra de John Beer (1957) y se centra en la historia de una de esas empresas, la compañía Bayer, cuya organización seguía el esquema Boulton-Watt: asociación de un hábil comerciante (F. Bayer) y un tintorero profesional muy competente (F. Weskett). Muy pronto se dieron cuenta de que el desarrollo de colorantes sintéticos exigía mayores conocimientos básicos, lo que los llevó a contratar tres químicos universitarios de muy buena formación, con la misión de dedicarse *full-time* al desarrollo de nuevos

colorantes y su aplicación industrial. En 1876 se sancionó en Alemania una ley de patentes, según la cual era ilegal para una empresa utilizar colorantes desarrollados por otras, práctica hasta entonces muy generalizada. Bayer no se limitó a ampliar su equipo de profesionales, sino que además estableció una división del trabajo entre sus químicos, dedicándose algunos a tareas productivas y otros exclusivamente a la investigación. Tiempo después, la misma compañía llevó a sus extremos esta revolucionaria idea de dividir el trabajo entre producción e investigación, instalando y financiando un laboratorio especial en una de las universidades: tres de sus químicos fueron a trabajar allí, con independencia total de las tareas productivas inmediatas de la empresa. Esta experiencia tan radical no dio buenos resultados y los tres químicos retornaron a la planta y uno de ellos, Carl Duisberg, logró desarrollar tres nuevos colores en apenas dos años. Como consecuencia, Duisberg fue eximido de toda otra ocupación y se le autorizó a contratar un *staff* científico-técnico que trabajaría bajo sus órdenes en el desarrollo de nuevos colorantes y en el patentamiento de los mismos, que debía realizarse en forma tal de asegurar los máximos beneficios para Bayer y la máxima protección frente a sus competidores.

El R-D se había convertido así en una actividad propia, independiente, profesional, dentro de los negocios de la casa Bayer. En 1890 esto fue definitivamente institucionalizado, al inaugurarse un edificio especial para el laboratorio de investigaciones, diseñado por Duisberg, que incluía una biblioteca, un *staff* de auxiliares técnicos (analistas químicos, tintoreros, vidrieros, etc.), un programa de entrenamiento para la formación de investigadores, etc. Duisberg introdujo también una rígida división del trabajo en su laboratorio, que fue ampliándose muy rápidamente, hasta abarcar, a comienzos de la Primera Guerra Mundial, no sólo colorantes sino también productos farmacéuticos, fotográficos, etcétera.

Este desarrollo alemán produjo un gran impacto en Gran

Bretaña, como lo expresó con alarma un miembro de la Cámara de los Comunes:

> ¿Dónde podemos nosotros mostrar una performance como la de la Baden Anilinen Co., que ha invertido un millón de libras esterlinas en experimentos realizados por un equipo de químicos de alto nivel, muy bien pagados, que han trabajado incesantemente durante diez años hasta lograr desarrollar el proceso para la producción de indigo artificial? (Varcoe, 1970)

La consecuencia inmediata fue la creación, en 1914, por el gobierno británico, de la British Dye Ltd., una compañía basada en el modelo alemán:

> Se proyectó que su éxito debía basarse en la aplicación de la investigación a la producción. Por tal razón se aprobó una partida de 10 000 libras anuales, durante diez años, para contratar un equipo de químicos de buen nivel; además se autorizó la instalación de laboratorios convenientemente equipados y se incluyó a expertos técnicos en el directorio de la empresa. (Varcoe, 1970)

De esta manera, con la aparición de una industria cuya capacidad de innovar era un componente esencial de su capacidad para competir, la investigación y el desarrollo comienzan a adquirir características de una actividad diferenciada en el proceso industrial. Podría creerse, sin embargo, que este nuevo desarrollo era específico de una industria, la textil, que debido a una situación muy especial tuvo que organizar una capacidad innovadora especial. Pero la misma expansión de esa actividad a otros sectores de la empresa Baden Anilinen Co. es una buena demostración de que tal fenómeno no era específico de una industria en particular. Y el ejemplo más terminante está dado por lo que había estado ocurriendo, hacia la misma época, al otro lado del Atlántico, en los Estados Unidos, en particular en relación con los trabajos de Thomas A. Edison, una de las grandes figuras legendarias del mundo contemporáneo.

Después de haber acumulado algún capital con uno de

sus primeros inventos –la transmisora de cotizaciones de la bolsa– Edison organizó un laboratorio en Menlo Park, New Jersey, en 1880, donde con un *staff* pequeño pero competente y bien equipado se propuso explícitamente producir "un invento menor cada diez días y un invento importante cada seis meses aproximadamente", mediante una división del trabajo que hizo posible aplicar "un 99% de transpiración y un 1% de inspiración" (Noble, 1977, p. 8). En ese laboratorio se desarrollaron centenares de inventos (en toda su vida Edison obtuvo nada menos que 1 093 patentes) incluyendo la lámpara de filamento incandescente, el regulador de voltaje, diversas clases de dínamos, el medidor de energía eléctrica, llaves, interruptores, aisladores, cables aislados, etc. Pero allí se produjo el invento más importante de todos, el de un *método para producir inventos*, de lo cual Edison era muy consciente:

> Alguna gente opina que mi mayor invento ha sido la lámpara incandescente. Lamento estar en desacuerdo: pienso que mi mayor invención ha sido el laboratorio comercial de investigaciones, un lugar donde yo pude desarrollar todas mis invenciones. (Kuhn, 1972)

En cada caso, Edison definía con la máxima precisión el objetivo buscado, como puede apreciarse en la siguiente cita de su libreta de trabajo, escrita al comenzar el proceso que lo iba a conducir a la lámpara de filamento y a la iluminación eléctrica:

> Electricidad vs. gas, para iluminación general. Propósito: obtener con la electricidad una imitación exacta de lo que se hace con gas, reemplazando la iluminación a gas por iluminación eléctrica y mejorándola hasta el punto de satisfacer todas las exigencias impuestas por las condiciones naturales, artificiales y comerciales. (Kuhn, 1962)

Habiendo definido así su objetivo, Edison se lanzaba a conquistarlo mediante un trabajo sistemático que, si bien incluía ensayos de prueba y error, se realizaba por aplicación rigurosa del método científico y del conocimiento

científico, que había sido desarrollado por investigadores como Ohm, Oersted, Laplace, Joule y Faraday, que tanto él como su *staff* –que incluía algunos científicos tan destacados como Fleming, Kennelly, Schuckert, Kruessi, Acheson, etc.– conocían a fondo.

En Menlo Park la producción de tecnología dejó de ser artesanal para ser manufacturada, con toda la intencionalidad y sistematicidad que exige algo que se había transformado en una mercancía.

Los éxitos de las experiencias de Bayer y de Edison llevaron a otras empresas a organizar laboratorios de R-D: en 1901, la General Electric, seguida luego por la Westinghouse, la Standard Oil, la Universal Oil Products, la A.T.T., etc. De esta manera se generalizaba lo que era una radical transformación histórica: un nuevo modo de producción de tecnología, que de la artesanía pasaba a la manufactura. Esto ocurría aproximadamente cien años después de que la manufactura comenzara a desplazar a la artesanía en la producción de bienes de consumo, un proceso que Marx denominó como la primera fase del capitalismo y cuyas características distintivas habían sido las siguientes:

a) Se reúne a los obreros "bajo un mismo techo", el taller (que luego sería la fábrica cuando se introdujese la maquinaria). Allí trabajan para un capitalista, según un esquema de división del trabajo.
b) El principal instrumento de trabajo sigue aún siendo la herramienta manual, con el auxilio de algunas máquinas primitivas; por lo tanto la fuerza de trabajo continúa siendo altamente diferenciada y dominada por los obreros más calificados.
c) Los bienes manufacturados sistemáticamente en el taller son producidos para ser vendidos en un mercado impersonal, es decir son mercancías.

Estas características, que en el caso de los bienes corrientes distinguen a la manufactura de la artesanía, también se presentan en la transformación que ocurrió con la

organización de Menlo Park, "el mayor invento" de Edison. En efecto, éste reunió "bajo un mismo techo" a individuos especializados en ciencia y técnica y los hizo trabajar para un capitalista (el propietario de Menlo Park). Estableció además una división del trabajo y vendió en el mercado los bienes que ellos producían, ya que ése era el objetivo fundamental de la empresa, la razón por la cual había reunido a tales personas. Por cierto que el conocimiento era el principal *input* de la producción de Menlo Park y, por eso mismo, tenía importancia todo el espectro de la investigación científica, desde la básica a la aplicada, aunque Edison tenía sumo cuidado de que nadie olvidase el propósito de lo que hacía, como lo testimonia una frase suya muy conocida: "Todos no podemos ser como aquel viejo profesor alemán que en tanto siga recibiendo su pan negro y su cerveza puede pasarse el resto de la vida estudiando el zumbido de la abeja."

La contratación de científicos para trabajar en la producción de tecnología fue un cambio fundamental con respecto a la práctica tradicional, que consistía en que los que producían modificaciones en la tecnología eran habitualmente aquellas personas que trabajaban directamente en la actividad productiva o que lo hacían en la producción de máquinas y equipos que se utilizaban en ella. Es decir, cuando la producción de tecnología era artesanal, el mejoramiento del producto o proceso estaba primordialmente en manos del propio artesano. Pero ya Adam Smith, en *La riqueza de las naciones*, pudo observar que la innovación podía ser realizada por "aquellos que tienen ocasión de usar las máquinas", por los "fabricantes de máquinas" y también "por aquellos filósofos u hombres de especulación cuyo oficio es no hacer nada, pero observan todo".

Con gran visión, Smith predijo que la división del trabajo también se aplicaría, en adelante, a los científicos:

> En el progreso de la sociedad, la filosofía o especulación se comportará como cualquier otra tarea, y será el oficio y ocupación principal, o única, de una clase particular. Y como cual-

> quier otra tarea, se subdividirá en un gran número de ramas diferentes, cada una de las cuales suministrará empleo a una tribu o clase particular de filósofos; y esta subdivisión del trabajo, en filosofía como en cualquier otra actividad, mejorará la habilidad y ahorrará tiempo. Cada individuo se hace más experto en su propia actividad particular, más cantidad de trabajo se hace en general y de esa manera la cantidad de ciencia aumenta considerablemente. (Smith, 1776, p. 8)

Hay que tener presente, además, que los científicos aportaron a este cambio algo mucho más importante que conocimiento, como el *método* de R-D, y con este método se modificó el proceso de producción "por la conversión de las reglas empíricas –típicas de la artesanía– en reglas fundadas, es decir, reglas con base en leyes científicas" (Bunge, 1974).

En resumen, se había iniciado un nuevo modo de producción de tecnología que requeriría un equipo de personal calificado, un método, recursos materiales y financieros, un propósito bien definido y acceso al mercado para vender los bienes producidos por ese equipo.

4. De la manufactura a la producción industrial

La introducción de maquinaria compleja transformó el taller (*work-shop* en inglés, *atelier* en francés) en fábrica (*factory* en inglés, *usine* en francés) y de esa manera la fase manufacturera del capitalismo se transformó en la fase industrial, un nuevo y radical cambio en el modo de producción de mercancías, debido en gran parte a la acción de la tecnología (Mishra, 1979).

Las principales características de este nuevo modo de producción son las siguientes:

a) La máquina se convierte en el principal instrumento de producción, con lo que desaparecen muchas de las capacidades humanas empleadas en el taller y son reemplazadas por nuevas capacidades, necesarias para la ope-

ración de la maquinaria. Marx describió ese proceso de esta manera:

> Junto con la herramienta, la habilidad del obrero en manejarla fue transferida a la máquina [. . .] De esa manera desapareció la base técnica en la que se asentaba la división de trabajo característica de la manufactura. (Marx, 1976, p. 396)

b) La escala de producción aumenta enormemente, y también aumenta el número de obreros "bajo un mismo techo", se estandarizan sus salarios y condiciones de trabajo. Nace así el proletariado moderno.
c) Mientras en la fábrica aumenta el número de obreros no especializados, en las oficinas se hace cada vez más esencial el personal profesional responsable de la organización de la producción, el financiamiento, la comercialización, etc. Aparece así una nueva clase media.
d) El aumento en productividad es enorme, muchas veces superior a todo lo conocido anteriormente.
e) En el proceso de producción, la tecnología se vuelve tanto o más importante que los factores clásicos: capital, trabajo y tierra.

Esta importancia creciente de la tecnología obliga a producir también un cambio radical en el modo de producción de la tecnología. Por una parte, la transformación de la producción artesanal a la producción manufacturera se extiende prácticamente a toda la estructura productiva y los laboratorios de R-D se multiplican sin cesar. Por otra, comienza una transformación del taller de tecnología en fábrica de tecnología, de manera de hacer posible que la producción de tecnología se convierta en una actividad organizada, específica, continua y diferenciada, con su propia identidad y su propia legitimidad. Esta nueva transformación —que comenzó hace pocas décadas y que aún no se ha generalizado— se basa en la introducción de nuevos instrumentos y equipos ("la maquinaria" de las instalaciones de R-D): la aplicación masiva del conocimiento originado en la física del estado sólido, la química, la física

nuclear, la electrónica, la ciencia de materiales, la matemática, la cibernética, etc., ha modificado sustancialmente el diseño y el funcionamiento del instrumental científico y técnico y las prácticas de análisis, control, diseño, cálculo, almacenamiento y búsqueda de información, simulación de experimentos y ensayos, etc. Al mismo tiempo, ha ocurrido algo todavía más significativo: un mejor entendimiento del proceso mismo de producción de tecnología y de la utilización eficiente de recursos tan diferentes como la ciencia básica y la investigación de mercado, la ingeniería y las marcas de comercio, el diseño y el espionaje industrial, etc., para obtener como producto final una mercancía capaz de lograr valor de cambio en el mercado.

Es ilustrativo recordar cómo describía Marx la transformación de la manufactura en industria moderna en el sector de bienes de capital:

> La industria moderna ha logrado tomar la máquina, que es su instrumento característico de producción, y hacer posible construir máquinas por medio de máquinas. Recién cuando lo logró dispuso de una base técnica adecuada y consiguió así pararse en sus dos pies. (Marx, 1976, p. 506)

Y también:

> Tan pronto [...] como el sistema de fábrica ganó espacio propio, un grado definido de madurez, y especialmente cuando logró producir su base técnica —la maquinaria— por medio de máquinas [...] adquirió una elasticidad, una capacidad para súbitas expansiones que no reconoce obstáculos, excepto los que resultan del suministro de materias primas y de la propia disposición del productor. (Marx, 1976, p. 579)

Si Marx hubiese sido capaz de vivir otros cien años, podría haber documentado un similar aumento en la productividad social a consecuencia de la madurez que ha adquirido la producción de tecnología. Con la tecnología está ocurriendo lo mismo que sucedió con los sectores de bienes de consumo y de bienes de capital, que alcanzaron su madurez definitiva cuando la etapa de fabricación despla-

zó a la de manufactura. Se trata de una transición que aún está lejos de haberse completado, pero que representa una tendencia vigorosa y posiblemente irreversible. Ya ha ocurrido un importante aumento de productividad, como lo testimonian hechos tan significativos como los siguientes: es posible almacenar y recuperar, en pocos segundos, colosales cantidades de información; es posible realizar en pocas horas experimentos que antes requerían varias semanas; es posible llevar a cabo en minutos, automáticamente, tediosos análisis químicos y físicos de rutina, especialmente para control; es posible simular en una computadora ensayos y pruebas en plantas piloto, que antes necesitaban semanas para ser preparados y realizados, etcétera.

Y, por supuesto, ciertas capacidades humanas que antes eran esenciales —como la química por vía húmeda, el dibujo de planos, etc.— se están volviendo rápidamente obsoletos, al tiempo que nuevas capacidades —como electrónica, computación, etc.— adquieren creciente importancia en la medida en que se organizan con base en la nueva "maquinaria" de las instalaciones de las fábricas de tecnología. Está emergiendo así un "nuevo" proletariado, cuyas tareas se organizan en la fábrica en forma similar a las de los clásicos proletarios: deben marcar su hora de entrada y salida, anotar sus actividades cotidianas en un libro especial dos veces por día (y en algunos casos, hora por hora); son supervisados por personal superior, suerte de "capataces" calificados a los que se designa pudorosamente como *seniors*, y también por abogados especializados en patentes; reciben "premios por productividad" en relación con los trabajos que producen y las patentes que obtienen; trabajan de acuerdo con presupuestos estrictos y según cronogramas rigurosos, etcétera.

A medida que el proceso de producción de tecnología se racionaliza, la organización del *staff* en relación con la moderna y costosa "maquinaria" se convierte en uno de los problemas más importantes. El caso extremo posiblemente sea el de un gran laboratorio de investigaciones donde los investigadores tienen terminales de computación en

su propia casa, a fin de poder así controlar permanentemente ciertas delicadas experiencias en marcha.

El cambio en el modo de producción trae cambios no sólo en la división del trabajo *dentro* de un proceso productivo, sino también en la división *social* del trabajo. Esto es análogo a lo ocurrido en la esfera de la producción de bienes corrientes: en la época artesanal, un herrero producía prácticamente cualquier objeto metálico o un zapatero cualquier tipo de calzado a pedido. Al organizarse la manufactura, la especialización del trabajo hizo que la producción aumentase en cantidad pero se restringiese en modelos, y esto se hizo aún más notorio en las fábricas. La división del trabajo se trasladó también a los sectores, con lo que se estableció firmemente un sector de bienes de consumo diferenciado del sector de bienes de capital, donde los operarios correspondientes tenían diferentes capacidades, diferente educación, diferentes tareas, etcétera.

Un proceso similar ha ocurrido con la producción de tecnología. En la etapa artesanal, eran principalmente los ingenieros responsables de la producción de bienes de capital los que producían las innovaciones en las máquinas que se empleaban en la producción de bienes de consumo. Así, por ejemplo, Watt y Boulton no sólo producían las máquinas de vapor sino también las patentes, diseños, etc., que permitían su mejor aplicación. Esto comenzó a cambiar hacia fines del siglo XIX, como lo hemos expuesto al analizar la experiencia de la industria alemana de colorantes. Finalmente, en este siglo, la fábrica de tecnología se convierte en una unidad diferenciada, con personal que tiene otra educación y otras capacidades que el que se desempeña en la producción de bienes de capital, aunque por cierto hay todavía muchos puntos de contacto en la medida que buena parte de la tecnología se comercializa incorporada en bienes de capital. Pero lo que importa es señalar la dirección que tiene este proceso de diferenciación creciente. Adam Smith podría haber observado que el cambio tecnológico había sido iniciado por obreros y fabricantes de máquinas y no por "filósofos", pero lo cierto es que una vez

que éstos se organizaron adecuadamente se fueron convirtiendo en casi los únicos productores de tecnología. El conocido ejemplo de Adam Smith del muchacho de 14 años que podía realizar una innovación importante (Adam Smith, 1776) es sencillamente inimaginable con la presente división social del trabajo y la enorme complejidad de la tecnología.

Para terminar, presentaremos algunos ejemplos del tremendo aumento en productividad que se ha alcanzado en las actividades de R-D gracias a la nueva "maquinaria":

a) En la industria farmacéutica, los laboratorios de investigación emplean parte de su tiempo buscando nuevos microorganismos que, por ejemplo, sean capaces de aumentar el rendimiento en la producción de antibióticos. Usando las técnicas convencionales, los laboratorios mejor equipados están en condiciones de inspeccionar hasta 500 colonias por semana, y teniendo en cuenta que la velocidad de mutaciones capaces de originar nuevas especies es del orden de uno en 10 000, y en ciertos casos de uno en 10 000 000, esa búsqueda de un nuevo microorganismo requiere mucho tiempo. Pero un nuevo sistema automático está en condiciones de inspeccionar 50 000 colonias por vez.

b) La performance actual de los célebres laboratorios Bell es realmente "industrial", como lo pone de manifiesto un aviso comercial reciente de esa empresa referido al desarrollo de "burbujas magnéticas":

> Inventos tales como las burbujas magnéticas no ocurren todos los días en los laboratorios de la Bell. Pero la innovación es algo que sí ocurre diariamente [. . .] Nuestra patente sobre burbujas es una de las 19 000 que hemos recibido desde nuestra fundación en 1925. Es decir, un promedio de *dos por día* de trabajo.

c) La tecnología producida en fábricas de tecnología es la verdadera fuerza que está detrás de la fenomenal revolución en las comunicaciones que está ocurriendo en estos momentos en todo el mundo y que hubiera sido

simplemente inimaginable con el método artesanal de producción de tecnología. En un artículo reciente, V. Killingsworth describió vívidamente la guerra tecnológica en el campo de las telecomunicaciones que están librando actualmente las gigantescas ATT e IBM, a la que este autor bautizó "la guerra de las corporaciones":

> En el siglo pasado, un conjunto de nuevas comunicaciones —canales, caminos, ferrocarriles— pavimentaron literalmente el camino para una revolución industrial y, finalmente, para una nueva sociedad industrial. En este siglo, nosotros somos testigos del establecimiento de un nuevo sistema de comunicaciones y del lanzamiento de una tecnología que será tan revolucionaria como la máquina de vapor [. . .] Pero mientras que la Revolución Industrial se llevó a cabo por la acción de centenares de pequeños empresarios, la próxima revolución tecnológica será *cualitativamente* diferente. Porque todo parece indicar que ella será controlada, en el mejor de los casos, por una docena de grandes empresas, y en el peor, sólo por una o dos corporaciones mamut. (Killingsworth, 1979)

III. La fábrica de tecnología

Permítaseme decir que toda persona que entra a esta organización sabe por qué hacemos investigación: para hacerle ganar dinero a General Electric.

A. M. BRECHE (1967)

La tecnología es una mercancía muy valiosa cuya demanda crece sin cesar, impulsada por la necesidad de contar con más y mejores medios para hacer frente al crecimiento económico mundial. No debe extrañar, entonces, que su comercio mundial ascienda ya a varias decenas de miles de millones de dólares por año y que exhiba notable dinamismo. Para enfrentar con éxito esta exigencia, es obvio que la producción de tecnología no puede quedar librada a la suerte, a la circunstancia fortuita de que un inventor de genio tenga una brillante idea o de que un obrero ingenioso introduzca un cambio importante en la máquina que está utilizando. La producción de tecnología debe ser organizada como un esfuerzo explícito, dirigido y planificado.

En el capítulo II se muestra cómo la producción de tecnología deja de ser azarosa y fortuita para convertirse en un proceso industrial, orgánico, sistemático y continuo. Tal transformación se logró mediante la organización de personal científico y técnico para procesar conocimiento –principalmente conocimiento científico– y obtener pa-

quetes de tecnología. También se ha señalado que la diferencia esencial entre producción artesanal e industrial de tecnología reside en la forma en que se producen los paquetes tecnológicos a través de un esfuerzo concertado de personal capacitado y de la constante sustitución del conocimiento empírico por el conocimiento científico-técnico.

Tecnologías utilizadas en procesos y productos en química, electrónica, energía nuclear, astronáutica, etc., son buenos ejemplos de tecnologías producidas por medio de un esfuerzo concertado, a través de una actividad sistemática de R-D. Los éxitos así obtenidos han llevado a efectuar un esfuerzo similar en tecnologías tradicionales, en las que el contenido de R-D era muy bajo. Y así se han producido desarrollos tan importantes como el del control numérico en máquinas herramientas, la xerografía en la duplicación de documentos, la fundición continua de acero, la producción de tejidos de lana inarrugables, las hojitas de afeitar inoxidables, etc., ejemplos todos de actividades que en el pasado utilizaban tecnologías desarrolladas artesanalmente.

Esta forma moderna de producir tecnología y su eficiencia para comercializarla adecuadamente en mercados mundiales es una de las causas más importantes del poderío de las grandes corporaciones, que han adquirido así una suerte de ventaja comparativa en el comercio internacional, a través de una actividad que las lleva a producir y vender cada vez más tecnología, sea incorporada a sus propios productos, sea desagregada en forma de patentes, contratos de *know-how*, de asistencia técnica, etcétera.

Como ya hemos dicho, así como la producción de las mercancías corrientes se realiza en establecimientos llamados fábricas, lo mismo ocurre con la producción industrial de tecnología con la única diferencia de que las fábricas de tecnología están generalmente ocultas detrás de un velo semántico, puesto que se las llama "laboratorios de investigación", "centros o departamentos de R-D", "institutos de R-D" y otras expresiones similares (que siempre contienen la palabra "investigación", lo que crea gran confusión res-

pecto a sus propósitos). No habría que olvidar nunca que en esas fábricas no se busca el conocimiento científico y técnico por su propio valor, sino porque es uno de los insumos más importantes en la producción de paquetes tecnológicos.

1. Fábricas de tecnología y empresas de tecnología

La palabra "fábrica" suele evocar imágenes poco agradables, desde las "hilanderías oscuras y satánicas" de Blake, la "casa del terror" de Marx (1976, p. 389), el calor y el ruido de las fundiciones y forjas, el automatismo aburrido de "Tiempos Modernos" de Chaplin, el anonimato aséptico de las líneas de producción de medicamentos, etc. Por cierto que nada de eso se aplica a las fábricas de R-D, en donde los "obreros" disfrutan de instalaciones y condiciones de trabajo que garantizan comodidad y tranquilidad, condiciones imprescindibles para obtener la creatividad que es la base misma de la producción. Pero aun así la palabra "fábrica" es la que correspondería emplear, en la medida que describe una organización destinada a la producción sistemática de una mercancía, y en la cual se realiza prácticamente la síntesis de "aspectos [. . .] tan entrelazados que exigen un enfoque integrado de las ciencias sociales" (Freeman, 1977, p. 265) para su correcto entendimiento. Es lo que hemos tratado de enfatizar en el capítulo anterior, al destacar la significación histórica de la aparición de la fábrica en la producción de bienes y los enormes aumentos de productividad que ello representó y al señalar que estamos viviendo una situación parecida en lo que a la producción de tecnología se refiere, con grandes ventajas para las empresas capaces de comprender este cambio —como la mayoría de las empresas transnacionales (véase el capítulo VI)— y organizar en la forma correspondiente no sólo la producción de tecnología sino también su comercialización.

Conviene reconocer una diferencia entre las fábricas integradas verticalmente a una compañía madre (por ejemplo,

los laboratorios de R-D de la IBM) y las que son totalmente autónomas o independientes –a las que llamaremos empresas de tecnología– como el Batelle Memorial Institute y la Universal Oil Products, entre otras.

La fábrica de tecnología integrada verticalmente pertenece a una empresa cuyo objetivo principal *no* es la producción de tecnología como una mercancía separada sino como un insumo para ser empleado en la producción y comercialización de *otros* bienes y servicios. Así, por ejemplo, el objetivo fundamental de la empresa Ford es producir y vender automóviles, no tecnología; en consecuencia su fábrica de tecnología –integrada verticalmente a la empresa– tiene por principal objetivo proveer la tecnología para hacer automóviles que necesita la Ford.

En consecuencia, la fábrica de tecnología tiene por objeto producir la tecnología que su empresa madre necesita para sus negocios. Así lo ha dicho un hombre de negocios: "Las empresas no crean tecnología para venderla o transferirla; la crean para tener una base que les permita explotar un negocio."

En cambio, el objetivo fundamental de las empresas independientes de tecnología es la producción de tecnología para comercializarla como tal, es decir, como una mercancía independiente. Para la empresa de tecnología, el producto final es justamente tecnología: procesa conocimiento para producir paquetes y venderlos en el mercado. Ese conocimiento puede ser científico o empírico; puede pertenecer a la empresa, o a otros o ser un bien libre; puede ser original o copiado; puede ser una innovación, una adaptación o una mezcla, incluyendo a veces conocimiento muy viejo y conocimiento muy moderno, etc. Para la empresa, producir el paquete significa articular, unir, conectar, ensamblar muchas clases de conocimientos, incluyendo los necesarios para la comercialización posterior del paquete. La empresa de tecnología es así un centro para juntar y procesar ideas, información y conocimientos provenientes de las fuentes más diversas, tales como otras empresas de tecnología, laboratorios nacionales y extranjeros, in-

ventores independientes, universidades locales y extranjeras, consultores, libros y manuales, agencias gubernamentales, compañías, bancos, oficinas de patentes, estudios jurídicos, asesores financieros, etcétera.

En verdad, tanto la fábrica de tecnología como la empresa de tecnología nacieron históricamente al mismo tiempo y prácticamente de las mismas raíces. El antecedente más antiguo es el laboratorio de Liebig, en Giessen (Alemania) en el cual, hacia el final de la década de 1830, "los estudiantes, tanto los brillantes como los mediocres, estaban organizados para producir conocimiento químico confiable en una forma *sistemática* y en gran escala" (Morrel, 1972).

En sentido estricto, el taller tecnológico de Edison fue más la semilla de una empresa que de una fábrica de tecnología: una vez desarrollada cierta tecnología, Edison creaba una empresa para su explotación comercial, y Menlo Park pasaba a trabajar sobre el desarrollo de otra tecnología, con entera independencia de lo que se hiciese con la anterior. El taller de Menlo Park estaba pues organizado para *proveer* tecnología a otras empresas. Fue así que nació General Electric, una empresa que agrupó a varias que explotaban tecnologías producidas en Menlo Park. Una vez organizada, General Electric instaló su propio laboratorio de R-D, independiente de Menlo Park, es decir una auténtica fábrica de tecnología que con el tiempo llegó a ser una de las más importantes en el mundo entero. En la industria petrolera fue Standard Oil la primera en organizar, en 1919, su "fábrica" (o, más estrictamente hablando, su "taller", que con el tiempo se iría transformando en "fábrica"). Tres años antes se había fundado la Universal Oil Products, una auténtica empresa de tecnología petrolera que nunca produjo ni comercializó una sola gota de petróleo, sino que produjo tecnología petrolera y la vendió a todas las compañías en el mundo entero. Otra de las empresas pioneras en tecnología fue la Research Corporation, fundada en 1912 por el profesor Gardner Cotterll, de la Universidad de California, un prolífico inventor que decidió invertir sus ganan-

cias en la organización de una empresa dedicada específicamente a la producción y comercialización de tecnología.

Hay, por supuesto, muchas semejanzas entre las fábricas y las empresas de tecnología en lo que se refiere a personal, organización, equipamiento, instalaciones auxiliares, etc. Pero también existen diferencias importantes y por ello las analizaremos por separado.

2. La fábrica de tecnología

Toda empresa productora de bienes y servicios consiste en un conjunto de unidades procesadoras de los distintos insumos (materias primas, productos intermedios, componentes, etc.) necesarios para la producción y comercialización del producto final. Lo que hacen estas unidades, llamadas generalmente fábricas, ha sido definido en forma general por D. Frey y J. Goldman (1967) como "la transformación de materia y energía en productos útiles para el mercado".

En muchas empresas, una de esas unidades es el laboratorio de R-D, al que nosotros hemos propuesto llamar "fábrica de tecnología". Allí se procesa conocimiento en toda la tecnología que la empresa necesita para su producción. Dicha unidad produce la tecnología que las otras unidades van a emplear para realizar sus propias funciones. Así, por ejemplo, en una compañía que produce alambre de cobre, la unidad de R-D es responsable de suministrar la tecnología a la fundición (donde el cobre se funde en lingotes), a la laminación (donde el lingote se lamina para producir alambre grueso), a la trefilación (donde el alambre grueso se transforma en alambre fino), etcétera.

Parafraseando a Frey y Goldman, podríamos decir que el propósito de la fábrica de tecnología es la transformación del conocimiento en tecnología. Por cierto que todavía, en la mayoría de los casos, la unidad de R-D es mucho más un taller que una fábrica; más aún, posiblemente nunca llegue a ser una fábrica "real", en el sentido de que en ella no hay producción en serie y que la creatividad *individual* es el elemento fundamental de su funcionamiento exi-

toso. Sin embargo, visto desde la perspectiva de la empresa a la que pertenece, una unidad es una "fábrica" cuando tiene un propósito definido, su producción está organizada en una cierta forma y ella es utilizada por las demás unidades de la empresa según una cierta rutina sistematizada.

Las empresas que cuentan con unidades modernas de R-D emplean, para proponer, organizar y evaluar los proyectos de investigación, formularios cuyo análisis facilita la comprensión de los distintos elementos que intervienen en un proceso de esta clase. El formulario que se reproduce en la ilustración 1 permite definir claramente los objetivos de cada proyecto, evaluar los recursos que hay que invertir y prever tanto los beneficios como los riesgos. Y el formulario de la ilustración 2 facilita una evaluación aún más precisa de costos, beneficios y riesgos. En ambos formularios se puede observar la importancia atribuida a la relación entre la producción de bienes de capital y de consumo, así como la necesidad de una eficiente realización del valor de cambio de la tecnología en los dos sectores. Se analiza cuidadosamente desde la producción del paquete hasta su impacto en el mercado, y se define –como criterio de éxito– el posible éxito comercial.

El diagrama 1 muestra un esquema para la estimación de los costos y beneficios y el diagrama 2 algunas fórmulas utilizadas para el cálculo de los riesgos. En esta materia existen estrategias para hacer frente a eventuales fracasos.

El proceso de producción del paquete se establece con base en técnicas de estimación. El diagrama 3 muestra una estimación parcial de los valores de uso que serán empleados (materiales y de trabajo) para la obtención del paquete. El diagrama 4 permite apreciar la relación entre los valores de cambio de los insumos y los beneficios esperados.

La tecnología producida en la fábrica no es, por cierto, la única que utiliza la empresa. Como es sabido, hay muchas empresas que no tienen ninguna unidad de R-D y simplemente adquieren en el mercado toda la tecnología que necesitan. Pero la experiencia ha mostrado que una

ILUSTRACION 1
FORMULARIO DESCRIPTIVO
DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Análisis del proyecto	Clasificación presupuestal		Proyecto No.
Sección	Título del proyecto	Fecha del análisis	Analizado por

Objetivos

Generales

Específicos

Incentivos

Nuevos beneficios $	Otros incentivos (inc. intangibles)	Base para el cálculo de los beneficios
Beneficios que se mantienen $		
Posibilidades de éxito Técnico: % Comercial: %		

Índice de incentivos Con las posibilidades técnicas: comerciales:	Total del proyecto	Hasta la terminación	Filiales o áreas interesadas Otras filiales o áreas beneficiadas

Recursos

Costos estimados Hasta la terminación	Total	Hombres/mes(prof.) No.	$	Otros costos principales $	¿Está operando? En caso negativo, explique las razones
Descripción de los otros costos principales					☐ Sí ☐ No
Gastos extraordinarios para la obtención de las ganancias previstas					

Personal (inc. supervisión de los proyectos)	Actual	Autorizado	Máximo efectivo	Nombres
Limitaciones del ritmo de avance (en orden de importancia)				

Calendario	Fecha de iniciación del proyecto	Fecha estimada de terminación	Observaciones

Descripción del proyecto

(Sírvase indicar por qué y cómo se inició, enfoque, importancia y aplicabilidad de los resultados)

ILUSTRACION 2
FORMULARIO PARA LA
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE R-D

Proyecto No. Título

Técnica

Probabilidades de éxito (Observaciones)
- ☐ Bajas — tema o idea bien desarrollados
- ☐ Medias — expectativas promedio de éxito técnico
- ☐ Altas — éxito altamente probable

Costos estimados de R-D
- $ costos a la fecha
- $ total de costos estimados para el futuro
- $ costos anuales para protección en caso de éxito

Calendario
- ☐ Largo plazo (tres años o más)
- ☐ Mediano plazo (de uno a tres años)
- ☐ Corto plazo (un año o menos)

Otros factores técnicos

Económica

Ingresos anuales estimados

$ ingresos anuales

Inversión estimada de capital productivo

$ inversión total

Tiempo estimado de retorno de la inversión
(inversión de capital dividido entre ingresos estimados)

☐ Tres años o más ☐ De uno a tres años ☐ Un año o menos

Otros factores económicos

Producción

Efectos sobre las operaciones
- ☐ Producirá problemas complejos de operación
- ☐ Modificaciones deseables o nueva operación
- ☐ Altamente deseable para añadirse a la operación actual

Otros factores en relación con la producción

Comercialización

Necesidades
- ☐ Sin necesidad aparente
- ☐ Deseable para mantener o expandir la posición actual
- ☐ Esencial para relacionarse con mercados existentes o proyectados
- ☐ Nueva área de comercialización

Efectos sobre los patrones actuales de mercado
- ☐ Producirá conflictos con las ventas actuales
- ☐ No se prevén problemas
- ☐ Se espera una adecuada coordinación con las ventas actuales

Otros factores en relación con la comercialización

Probabilidad de desarrollo comercial exitoso

1 2 3 Baja - 4 5 6 7 Media 8 9 10 Alta

Valoración global del proyecto

1 2 No se justifica 3 4 Marginal
7 8 Por encima del promedio 9 10 Sobresaliente

Firma del evaluador _____
Cargo _____
Fecha _____

DIAGRAMA 1
Evaluación de costos y retorno

Factores financieros	Alto		Medio		Bajo
Incremento esperado de los beneficios	1	2	(3)	(4)	5
Nuevos desembolsos esperados de capital	1	(2)	(3)	4	5
Costo esperado del proyecto	1	2	(3)	4	5
Costo esperado de desarrollo	1	2	(3)	(4)	5
Tasa de retorno esperada	(1)	(2)	3	4	5

——————— Apreciación original
- - - - - - - - - - - - Apreciación actual

empresa con su propia unidad productiva de tecnología no sólo adquiere mayor fortaleza frente a la competencia externa sino que mejora notablemente la eficiencia en el uso de la tecnología, como lo ha hecho notar S. Kassel (1977):

> El proceso de innovación parece ser más exitoso cuando el ciclo completo de producción y utilización del R-D está alojado bajo un mismo techo institucional [. . .] y eso porque en la organización de ese ciclo [. . .] se pueden distinguir dos flujos distintos de información: uno que representa las decisiones de la dirección y el otro la información técnica. Para el funcionamiento eficiente del ciclo es esencial una operación continua y sin obstáculos de ambos flujos.

Para muchas empresas, su fábrica de tecnología es una parte importante de su imagen pública, como lo demuestran en su publicidad:

> Investigación, en un clima de innovación, es nuestra sólida base del crecimiento futuro. (Aviso publicado por General Telephone and Electronics)
>
> Para poder seguir pensando hacia adelante [. . .] Hoescht emplea 10 300 personas en R-D con una inversión, este año, superior a los 160 millones de dólares.
>
> El progreso es nuestro producto más importante. (Aviso de General Electric)
>
> Anticipamos hoy las necesidades del mañana en productos químicos, por medio de la investigación. (Aviso de Enjay Chemical Company)

DIAGRAMA 2

Cálculo de riesgo y retorno de un proyecto de R-D

$$1.\ \text{Índice} = \frac{\text{Valor estimado de la investigación en caso de éxito} \times \text{Posibilidad estimada de éxito técnico}}{\text{Costo estimado del proyecto de investigación}}$$

$$2.\ \text{Índice} = \frac{\text{Posibilidad de éxito técnico (\%)} \times \text{Posibilidad de éxito comercial (\%)} \times \text{Ventas unitarias anuales estimadas} \times \text{Ganancia unitaria} \times \text{Vida del producto en años}}{\text{Costo estimado del proyecto de investigación}}$$

Union Carbide desarrolla constantemente nuevos y mejores productos, investigando nuevas ideas.

Debemos admitir que hay cierta resistencia a reconocer el carácter de mercancía de la tecnología y el carácter de fábrica del laboratorio industrial de R-D, sobre todo porque "mercancía" y "fábrica" evocan habitualmente un flujo de bienes idénticos (como los autos de una línea de producción), mientras que cada producto de una fábrica de R-D es, por su propia naturaleza, único. Pero en realidad es irrelevante que los productos que salen de una fábrica tengan o no la misma naturaleza en cuanto a sus valores de uso. La fábrica de R-D es una fábrica que ha desarrollado la organización y recursos para producir consistentemente bienes que sean aceptados por la estructura productiva, bienes que en realidad tienen la misma identidad, no en cuanto a sus valores de uso pero sí en relación con sus valores de cambio.

DIAGRAMA 3
Estimación de recursos disponibles

Factores técnicos	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo
1. Disponibilidad de habilidades científicas necesarias	1	(2)	3	4	5
2. Adecuación de las facilidades para la investigación	1	2	(3)	4	5
3. Adecuación del personal de apoyo	1	(2)	3	4	5
4. Aprovechamiento de las habilidades existentes	1	2	3	(4)	5
5. Probabilidad estimada de éxito técnico	1	2	(3)	4	5
6. Enfoque técnico requerido	1	(2)	3	4	5

DIAGRAMA 4

Cálculo del índice de rentabilidad mediante la relación de los costos con el éxito probable

$$1.\ \text{Índice} = \frac{\text{Probabilidad de éxito técnico (\%)} \times \text{Probabilidad de éxito comercial (naturaleza del proyecto) (\%)} \times \text{Probabilidad de éxito comercial (económico) (\%)} \times \text{Ganancias netas durante la vida del proyecto} \times \text{Factor de actualización} \times \text{Inversión requerida de nuevo capital}}{\text{Costo estimado de investigación, desarrollo e ingeniería}}$$

$$2.\ \text{Índice} = \frac{\text{Probabilidad de éxito técnico (\%)} \times \text{Probabilidad de éxito comercial (\%)} \times \text{Volumen anual de ventas (unidades)} \times \text{Ventas unitarias (precio)} \times \text{Vida del mercado estático}}{\text{Costo de R-D} + \text{Costo de desarrollo de la ingeniería de producción} + \text{Costo de desarrollo del mercado}}$$

3. Actividades e insumos

Los paquetes tecnológicos que una fábrica de tecnología debe producir para la empresa a la que pertenece pueden ser muy diferentes, tanto en contenido como en alcance. Por ejemplo, una fundición necesita paquetes de contenido tan pragmático como una nueva manera de organizar el stock de sus productos terminados, paquetes tan científicos como el cambio en la composición de una determinada aleación para mejorar su resistencia a la corrosión, paquetes tan técnicos como el que se utiliza en la construcción de un nuevo tipo de horno, paquetes tan complejos como el correspondiente a una unidad completa de fundición continua, etc. Se trata pues de una variedad muy grande, con exigencias muy diversas. La fábrica debe organizarse para responder a esa demanda no sólo utilizando el conocimiento que pueda generar en sus propias instalaciones y con su propio personal, sino también todo el que pueda obtener en el mercado, por compra, alquiler o espionaje. También se recurre al conocimiento libre, es decir, el conocimiento científico y técnico que se obtiene en libros, manuales, catálogos, en universidades y centros académicos, en laboratorios nacionales, etc. Eventualmente, la fábrica puede decidir que lo más conveniente es comprar o alquilar el paquete *completo*, sea por razones de precio, de tiempo, de riesgo, de oportunidad, etc. La fábrica debe estar completamente abierta a elegir el procedimiento que le permita cumplir con su función, que es la de *suministrar* a la empresa la tecnología que ella reclama para su funcionamiento.

Pero, junto con esa tarea, una fábrica de tecnología tiene también que realizar otras, entre las cuales las más importantes son las siguientes:

a) Una evaluación permanente del "estado del arte", científico y técnico, del campo de interés de la empresa, y también de su más probable evolución.
b) Una vigilancia permanente de los desarrollos tecnológicos realizados por los competidores.

c) Una evaluación crítica del horizonte científico y técnico, en busca de nuevos campos de interés para la empresa madre.
d) Disponer de una capacidad eficiente para resolver problemas técnicos presentados por los clientes de la empresa.
e) Disponer de la capacidad necesaria para realizar estudios de factibilidad de nuevos proyectos.

Para el cumplimiento de este complejo conjunto de tareas, la fábrica debe mantener muy buenos contactos con los más diversos sectores de la empresa, desde los directamente involucrados en la producción hasta los que realizan investigación de mercado. Igualmente tiene que establecer y mantener buenas relaciones con la comunidad científica y técnica general, para poder eventualmente contratar nuevos talentos y para promover líneas de investigación que pueden ser de interés futuro para la propia fábrica.

Todo esto es aún más importante en el caso de las fábricas que pertenecen a empresas intensivas en investigación —como la industria de la computación, de la microelectrónica, etc.— simplemente porque en ellas la fábrica de tecnología es tan vital como el alto horno para una acería. En tales empresas, las fábricas de tecnología tienen que ser muy completas, capaces de hacer frente a desafíos muy serios y urgentes. Como sostuvo un ejecutivo de la Imperial Chemical Industries (ICI), "El laboratorio de investigaciones de la ICI es para la compañía lo que el Consejo de Investigaciones Científicas es para la Nación".

La fábrica de tecnología es además el instrumento mediante el cual la empresa aprende todo lo que se refiere al complejo negocio de la tecnología: cómo producirla, cómo comprarla, cómo venderla, cómo exportarla, cómo copiarla, etc. En verdad, *learning by doing* ha sido uno de los elementos claves en el proceso histórico del desarrollo tecnológico. En un artículo fascinante, John H. Lienhard (1979), sostiene que hasta cerca de 1840, los adelantos tecnológicos eran producidos a una tasa constante, pero que luego lo fueron exponencialmente, como si "la tecnología

comenzara a engendrar más tecnología". Si se reconoce que ésta es una característica definida de la producción de la industria a partir de la etapa de manufactura, también deberá admitirse que la fábrica de tecnología es el lugar más adecuado para realizar el proceso de "engendrar".

Entre los insumos utilizados en la producción de tecnología es conveniente diferenciar dos clases:

a) Insumos que contribuyen a la solución de proyectos actuales.
b) Insumos que contribuyen a la generación de nuevos proyectos.

En este contexto, un proyecto actual es aquél para el cual ya existe un diseño conceptual, es decir que ya ha sido definido un paquete tecnológico que se supone que es técnicamente factible y comercialmente viable y para el que se han asignado los recursos correspondientes. Son proyectos nuevos los que pueden resultar de nuevas ideas (desarrollos originales propios o ajenos, avances científicos registrados en la frontera del conocimiento, etc.). En la práctica, sin embargo, esta distinción es un poco forzada, porque una fábrica de tecnología es en verdad una unidad donde las ideas nuevas y las viejas, así como los conocimientos de cualquier índole, están permanentemente en circulación y ebullición, por lo que en cualquier momento puede surgir la semilla de un nuevo proyecto o algún perfeccionamiento importante en un proyecto en marcha. El dinamismo y la atmósfera de creatividad deben ser las características salientes de una fábrica de tecnología exitosa. Por eso mismo, no es fácil establecer diferencias netas entre los insumos.

Una solución posible es distinguir entre las "fuentes primarias" de los conocimientos, ideas e informaciones y los "insumos específicos", que son aquellos que se utilizan para un paquete determinado. Por ejemplo, la investigación es la "fuente primaria" para la unidad de R-D de DuPont Co., mientras que un artículo científico publicado

por un investigador de DuPont puede ser un "insumo específico" si se lo utiliza en la producción de un paquete definido.

En relación con las fuentes primarias, conviene distinguir entre "stock" y "flujo": el primero consiste en el conocimiento acumulado en la fábrica de tecnología a través de la experiencia del personal en su conjunto y de la de cada uno de sus miembros en particular; el flujo es en cambio el conocimiento que se agrega al stock y que puede provenir de tres fuentes: a) del seno mismo de la compañía, de sectores como el de producción, el de comercialización, etc.; b) de fuera de la compañía, sea por contactos personales, tendencias del mercado, publicaciones, conferencias, consultores, etc.; c) por medio de los propios esfuerzos realizados en la fábrica, sea en investigación, en desarrollo, en diseño, etcétera.

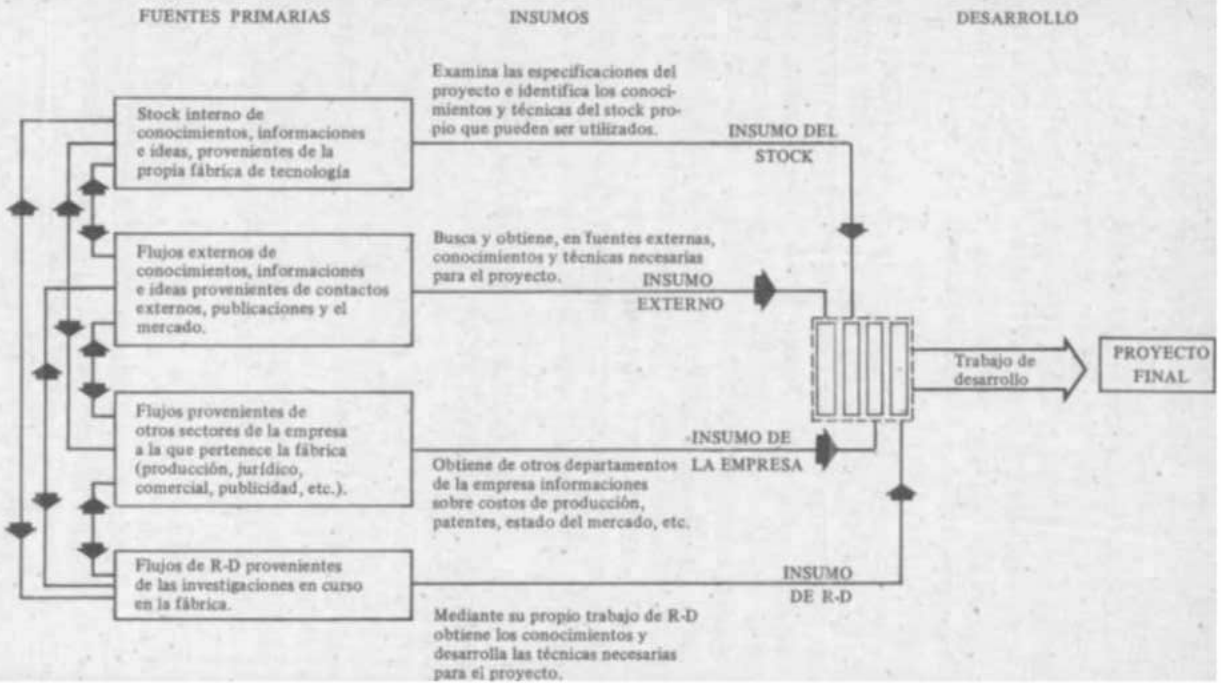
En todos los casos debe recordarse que si bien la mayor parte del stock consiste en conocimientos "técnicos y científicos", hay insumos (que podemos llamar "económicos") provenientes de las áreas comercial, financiera, administrativa, de publicidad, etc., de la empresa y que también participan activamente en las distintas etapas de producción, utilización y comercialización de paquetes. Por eso mismo, las "fuentes primarias" de una fábrica de tecnología incluyen mucho más que las fuentes que suministran conocimientos técnicos, dado que hay que contar como tales las fuentes que proveen información sobre el mercado, la competencia, la publicidad, la legislación, el financiamiento, la moda, etcétera.

Phillip Maxwell es el autor de los diagramas 5 y 6, que muestran de qué manera actúan las fuentes de insumos en la producción de tecnología.

El diagrama 5 muestra, en forma muy simplificada, cómo actúan las fábricas de tecnología para generar los insumos que requiere en la producción de paquetes ya especificados. Puede observarse el conjunto de interacciones entre las cuatro fuentes primarias y la forma en que alimentan el proceso.

DIAGRAMA 5

Generación de los insumos para un proyecto determinado en una fábrica de tecnología



El diagrama 6 muestra de qué manera una fábrica de tecnología puede generar ideas para nuevos proyectos y la forma en que las cuatro fuentes alimentan lo que se ha denominado el sistema de selección de proyectos.

Richard L. Meek (1971) insiste mucho en la importancia de las relaciones entre la fábrica de tecnología y las fuentes internas de la empresa. Para el caso particular de la industria petrolera sostiene:

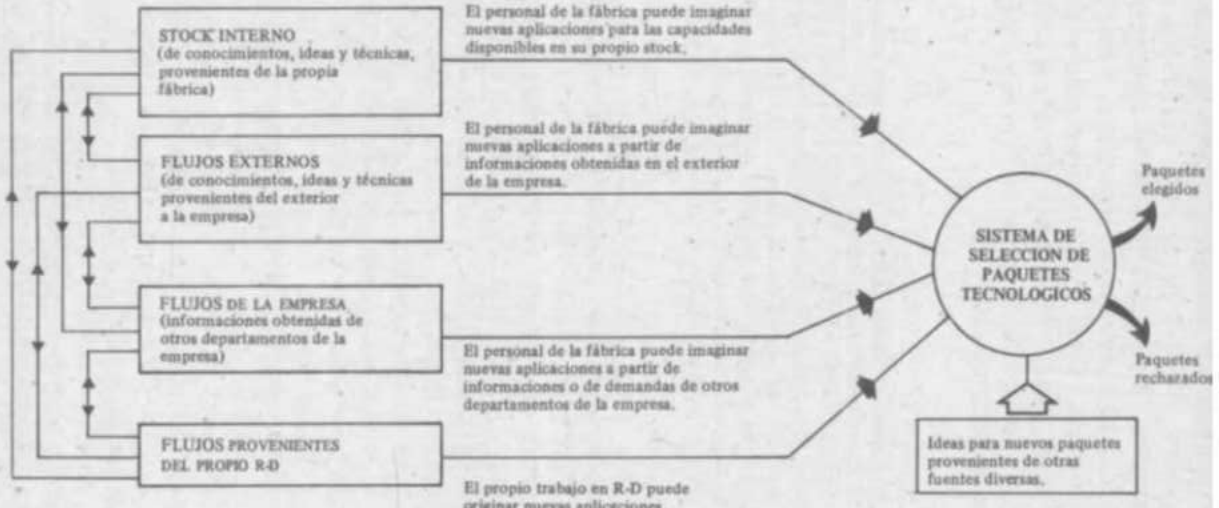
> Se hace especial hincapié en la necesidad de establecer una comunicación fluida entre la investigación y sectores tales como la exploración, la producción, la elaboración y la comercialización no sólo para aprovechar los resultados de la investigación sino para que actúen como fuentes de nuevos proyectos [. . .] En uno de los casos estudiados se comprobó que estas fuentes eran responsables del 60% de los nuevos proyectos comercializados, mientras que sólo el 40% provenía exclusivamente del sector de investigación.

Es útil saber qué quiere significar, en la práctica, esta tan proclamada "comunicación". Así, para la empresa inglesa Pilkington (mundialmente famosa por sus desarrollos en vidrio), que invierte varios millones de libras esterlinas por año en R-D, esa comunicación equivale a "impedir que el R-D se aísle de la producción y la comercialización". La empresa tiene doce grupos de R-D que sirven a cinco divisiones de operaciones. La mayor parte del trabajo en R-D se contabiliza como parte de los gastos de desarrollo de cada producto y se carga a los presupuestos de las divisiones de operaciones, ya que la compañía insiste en que "el personal de R-D debe identificarse con las ideas de obtener ganancias y de derrotar a la competencia" y en que "no hay lugar para ideas etéreas sobre la pureza de la ciencia y la necesidad de no contaminarse con el mercado" (Kenward, 1978). En una fábrica de tecnología, hay que ensuciarse las manos . . .

K. Jones y D. Wileman (1972) explican que "la inherente complejidad de desarrollar ideas tecnológicas y posteriormente comercializarlas" implica la necesidad de una

DIAGRAMA 6

Generación de nuevos paquetes en una fábrica de tecnología



"integración multidisciplinaria" entre los diversos departamentos de una empresa, como se indica en el diagrama 7.

DIAGRAMA 7
Actividades relacionadas con R·D de los diversos departamentos de una empresa

Comercialización
Investigación de mercado
Fijación de precios
Análisis de mercado y construcción de modelos
Formulación de estrategias de mercado

Producción
Costo y factibilidad
Consultoría sobre costos del producto
Factibilidad de la planta
Factibilidad del proceso

Departamento legal
Procedimientos de registro y asesoría sobre protección
Licencias
Asesoría sobre obligaciones del producto

Finanzas
Análisis financieros y de flujo monetario
Presupuestos

Ingeniería
Diseño
Factibilidad técnica
Diseño de máquinas
Consultoría sobre costos de ingeniería
Pruebas del producto

FUENTE: Jones & Wileman (1972).

Con respecto a las fuentes externas, los insumos pueden llegar a la fábrica de tecnología por dos vías: directamente o después de una adecuada "reafracción" en otras unidades de la empresa. Cualquiera que sea la vía, no hay duda sobre la importancia de estas fuentes; así Mansfield (1977) ha mostrado que para la industria farmacéutica las fuentes externas a la empresa innovadora suministraron más del

50% de los descubrimientos que produjeron innovaciones farmacéuticas en el período 1935-1962. El estudio de Mueller (1963) sobre las invenciones críticas de DuPont demostraron que más del 50% de las informaciones que llevaron a nuevos proyectos provinieron de fuentes externas a la empresa. Según el cuidadoso estudio que Marquis y Myers (1969) realizaron de 567 innovaciones exitosas en la industria ferroviaria, de vivienda y de computación de los Estados Unidos, más del 30% de las informaciones importantes que originaron innovaciones exitosas fueron suministradas desde fuentes externas. Langrish *et al.* (1969). al estudiar las innovaciones inglesas que recibieron el Premio de la Reina, encontraron que 102 de las 158 ideas técnicas claves provenían de fuentes externas.

¿Cuáles son esas fuentes externas? Los cuadros 1 y 2 registran las fuentes y los métodos de transferencia para el caso de 102 insumos técnicos que contribuyeron a 51 innovaciones premiadas (Langrish, 1971), y en ellas se puede ver que hay una cierta forma de actuar de las fuentes externas. El elemento más importante, como se observa en el cuadro 2 y como ha sido confirmado por otros estudios, es la gran importancia de los *contactos personales* como vehículo de transmisión de insumos externos. Se ha comprobado que esto también es cierto dentro de las propias unidades de R-D, lo que ha llevado a Myers a decir que los investigadores "reciben el mensaje más por el oído que por la vista".

Muchos autores han destacado la importancia del mercado en la generación de innovaciones, pero puede ser útil registrar algunas observaciones al respecto:

i) De las 567 innovaciones exitosas estudiadas por Marquis y Myers (1969), casi la mitad respondían a una demanda del mercado.
ii) Los factores del mercado también son la causa más frecuente de fracasos, como lo ha hecho notar Mansfield (1972), en un detallado estudio de los éxitos y fracasos de tres laboratorios químicos y farmacéuticos: "De cada

CUADRO 1

Fuentes externas de 102 ideas técnicas utilizadas en 51 innovaciones

Industria		
De Estados Unidos	26	
Del Reino Unido	23	
De otros países	15	
TOTAL		64
Gobierno		
Del Reino Unido	17	
De Estados Unidos	2	
De otros países	2	
TOTAL		21
Universidades		
Del Reino Unido	7	
De Estados Unidos	0	
De otros países	3	
TOTAL		10
Segunda Guerra Mundial		
Reino Unido	2	
Estados Unidos	2	
Alemania	3	
TOTAL		7
TOTAL FUENTES EXTERNAS		102

FUENTE: Adaptado de Langrish *et al.* (1971).

CUADRO 2

Formas de transferencia de 102 ideas técnicas clave

Personal que se incorpora a la empresa	20 1/2
Conocimiento común adquirido por medio de experiencia industrial	15
Conocimiento común adquirido por medio de educación	9
Acuerdos comerciales (inc. traspasos)	10 1/2
Literatura (técnica, científica y de patentes)	9 1/2
Contactos personales en el Reino Unido	8 1/2
Colaboración con el proveedor	7
Colaboración con el cliente	5
Visitas al exterior	6 1/2
Organizaciones gubernamentales	6
Conferencias en el Reino Unido	2 1/2
Consultorías	2
TOTAL	102

Nota: Las fracciones se deben a que las categorías no son mutuamente excluyentes.

FUENTE: Langrish *et al.* (1971).

100 proyectos, 57 fueron completados técnicamente y el resto fueron abandonados. De los terminados, 31 fueron comercializados y 26 no lo fueron. De los primeros, sólo 12 fueron éxitos comerciales, mientras que 19 fueron fracasos parciales (dieron ganancias muy pequeñas) o totales (arrojaron pérdidas)."

De aquí resulta una conclusión de la mayor importancia, generalmente ignorada por los que sostienen que "tecnología no es otra cosa que ciencia aplicada": las incertidumbres resultantes del mercado son mayores —en promedio— que las de naturaleza estrictamente *técnicas*. El proyecto SAPPHO (S. P. R. N., 1973) ha confirmado esto, con su investigación de éxitos y fracasos en las innovaciones realizadas por empresas químicas y de instrumentos científicos de Gran Bretaña: los innovadores exitosos fueron los que tenían un mejor conocimiento de *las necesidades* de los usuarios, obtenido generalmente gracias a una estrecha colaboración con clientes potenciales. Fueron también los que prestaron mayor atención a la investigación de mercado, a la publicidad y a la *educación del usuario*.

Otro aspecto relevante del proceso de producción de paquetes tecnológicos es el de las patentes. Toda fábrica de tecnología importante tiene un equipo de abogados especializados en patentes que vigila permanentemente el trabajo de los investigadores, tratando de descubrir las posibilidades de obtener nuevas patentes. Por otra parte, los investigadores reciben premios por las patentes que se registran gracias a ellos. Debe tenerse en cuenta que, en la mayoría de los casos, los investigadores tienen que renunciar por adelantado a cualquier derecho sobre las patentes que puedan obtener,[2] de modo que esa recompensa posiblemente sea la única que reciban, aparte de su salario. Los abogados también estudian cuidadosamente las nuevas patentes que se registran, a fin de obtener informaciones que puedan ser de utilidad para su fábrica de tecnología.

Otras dos actividades que mantienen ocupados a los abo-

[2] Esta situación se estaría modificando en Europa. Véase EPO (1978).

gados son la de rodear una patente principal con una nube de patentes de protección, y la de tratar de copiar las patentes de otros sin incurrir en delito. Como vimos anteriormente, fue el propio Watt quien inició la primera de esas actividades en relación con su patente para transformar movimiento alternativo en movimiento rotatorio. Un ejemplo más moderno es el del celofán de DuPont (Mueller, 1963). En 1923 esta compañía adquirió, de una firma francesa, los derechos para producir celofán; a poco de entrar en producción, DuPont se dio cuenta que una nueva variante del celofán —resistente a la humedad— tendría excelentes posibilidades comerciales. Lanzó una investigación en esa dirección hasta obtener su patente básica en 1929, patente que inmediatamente rodeó de muchas otras, correspondientes a todas las posibles variantes del celofán inmune a la humedad que había desarrollado en sus laboratorios. En verdad, DuPont gastó más dinero en estas variedades que en la patente básica, pero gracias a ello pudo explotar con tranquilidad y mucho beneficio la versión original.

La actividad de copia de patentes sin incurrir en delito se realiza buscando posibles lagunas legales que permitan aprovechar una patente ajena sin incurrir en violación legal. Es justamente esta práctica lo que lleva a muchas compañías a *no* patentar nada, para evitar así la copia no penalizada. La única defensa posible en esta materia no consiste en contar con los mejores científicos, sino con los mejores abogados, capaces de redactar patentes sin lagunas legales que puedan ser aprovechadas por la competencia. Como se ve, estamos muy lejos de la investigación científica. Se trata, más bien, del reino de los tribunales y de los expertos en palabras.

La interacción entre ciencia y tecnología es, como lo hemos dicho en el capítulo II, la fuerza motriz que impulsó la transformación de la producción artesanal en manufactura y la que está ahora impulsando la ulterior transformación de ésta en producción industrial de tecnología. Esto lo veremos con mayor detalle en el capítulo IV, pero con-

viene que lo analicemos en el caso del desarrollo del transistor, que se ha convertido en un ejemplo clásico de esa interacción.

Debemos comenzar por hacer una referencia a la actitud de Bell Laboratories –donde se desarrolló el transistor– respecto a la ciencia, que ha sido expresada muy claramente por uno de sus directivos:

> Nuestra creencia fundamental es que no hay diferencia entre buena ciencia y buena ciencia relevante para nuestro negocio. Entre mil problemas científicos unos cien serán interesantes, pero sólo uno o dos serán verdaderamente recompensantes. (Nelson, 1963)

Esta declaración constituye una caracterización adecuada de la actitud con que Bell apoyaría el proyecto que finalmente condujo al desarrollo del transistor. La empresa ya tenía una sólida tradición en mecánica cuántica cuando en 1945 estableció un grupo dedicado a física de estado sólido y un subgrupo a semiconductores (Nelson, 1963). Se pensó entonces que el trabajo de ese grupo podría dar frutos en dispositivos termo y foto-eléctricos así como ayudar a mejorar el rendimiento de los rectificadores William Shockley, que era uno de los más entusiastas miembros del grupo, creía que el trabajo los conduciría a un amplificador de estado sólido. Uno de los aspectos más interesantes del proyecto fue la estrecha interrelación entre los físicos y los investigadores dedicados a la metalúrgica, que entonces estaban trabajando en nuevos métodos para producir cristales de metales y otros materiales con muy alta pureza. (Tuvo particular trascendencia el método desarrollado por W. Pfann para purificar metales, denominado "de la zona-fundida", y con el que se podían obtener altísimas purezas, antes inimaginables).

En 1948 se produjo el primer transistor a punta de contacto, y en 1951, el primer transistor de juntura. En 1950 Shockley publicó su libro (*Electron and Holes in Semiconductors*), en el cual presenta la descripción teórica del tran-

sistor a juntura como amplificador y muestra el vasto panorama que existía en adelante. Pero hasta ese momento, el transistor no era aún una proposición económica y ni siquiera industrial. El resultado era muy alentador, pero era necesario un gran trabajo de desarrollo antes de que pudiera transformarse en una realidad y entrar en el mercado. En los años siguientes, Bell invirtió más dinero para obtener un paquete con adecuado valor de cambio que el que había invertido hasta entonces en la investigación básica fundamental (es decir, en la producción del valor de uso).

Este desarrollo muestra algunas de las principales características de la moderna producción de tecnología. En primer término, porque se trataba de un proyecto concebido y realizado en una organización especializada en la producción de tecnología. En segundo lugar, porque desde el comienzo se imaginó una variedad de posibles usos para los productos que eventualmente se inventasen. En tercer lugar, porque fue un trabajo de equipo (un total de 13 hombres estuvo directamente vinculado a la invención del transistor), regido por un claro sistema de división del trabajo, por especialidades. En todo momento la Bell consideró que el proyecto era *económico*, es decir que debía terminar con resultados comercializables. Y así fue, como es sabido.

Pero el transistor iba a tener alcances comerciales mucho más vastos que los que pudo imaginar entonces la Bell, o en realidad cualquier otra empresa, ya que se convirtió en la piedra fundamental del desarrollo de la industria electrónica japonesa (en particular de Sony, que terminó convirtiéndose en una de las empresas mundiales más grandes). En 1953 esta empresa compró a la Western Electric —una subsidiaria, como la Bell, de la American Telephone and Telegraph— y por sólo 25 mil dólares, la licencia para utilizar transistores, pero restringida a la fabricación de equipos para oír mejor. Sony, a través de su propia capacidad, modificó el paquete adquirido a la Western y produjo un transistor para ser empleado en radiotelefonía. En 1955 puso en el mercado japonés la primera radio a transistores. Eso no fue más que el comienzo, porque en 1957 presentó la

primera radio a transistores de tamaño reducido (*pocket-size*), que pronto se difundiría por el mundo entero, produciendo un gigantesco impacto sociocultural. A partir de ese éxito, Sony –y con ella otras empresas japonesas– se convirtió en una de las más importantes empresas electrónicas en el mundo entero.

Es, sin duda, un ejemplo muy claro de la naturaleza dinámica de los paquetes tecnológicos, que pueden sufrir una gran variedad de transformaciones para adaptarse a las demandas del mercado.

4. Organización

Las estructuras organizativas de las fábricas de tecnología son sumamente variadas, tanto en el diseño como en las denominaciones de los distintos componentes. Ello se debe primordialmente al hecho de que se trata de unidades que son todavía demasiado recientes –apenas unas décadas– en el mundo industrial como para que hayan adoptado estructuras relativamente estándares. Debe recordarse también que, pese al número elevado y creciente de fábricas de tecnología existentes, las empresas que las poseen son todavía una pequeña minoría.

No hay, por supuesto, una forma "óptima" de organizar una fábrica de tecnología, válida para todas las circunstancias. Ello dependerá, entre otras cosas, del tipo de empresa a la que pertenece, de los procesos y productos sobre los que va a actuar y de los problemas internos de comunicación y motivación que se presenten. Cada empresa deberá encontrar entonces, por su cuenta, las respuestas más adecuadas a las siguientes preguntas fundamentales: de qué manera organizar la dirección de esa unidad, o sea, quién reporta a quién y cómo; la localización institucional, en particular, sus relaciones con la producción, la gerencia general, etc.; la financiación, incluyendo la elaboración del presupuesto, el cálculo de costos y beneficios, la estimación de riesgos, el plazo de maduración de las inversiones, etcétera.

Más adelante presentaremos algunos ejemplos concretos de organización, pero previamente conviene revisar algunas cuestiones de carácter general, especialmente con referencia a ciertas limitaciones importantes, que toda organización de una fábrica de tecnología debe tener en cuenta.

En primer lugar, las consideraciones económicas ligadas al establecimiento de esa unidad son primordiales, y por eso, simultáneamente con los aspectos estrictamente técnicos, es necesario prestar atención no sólo a aspectos tales como patentes, comercialización, impuestos, marcas de comercio, etc., sino también a elementos macroeconómicos, como los aranceles de importación vigentes, la tasa de cambio, la disponibilidad de capital de riesgo, la tasa de interés, el apoyo financiero del Estado, etc. En otras palabras: una fábrica de tecnología debe tomar conciencia de las reglas de juego definidas por la política económica vigente en el momento y estar muy atenta a sus posibles modificaciones. Fabricar tecnología es parte de un negocio, y como tal debe respetar las limitaciones definidas e impuestas por la legislación.

El segundo aspecto, ligado a la actividad futura de la fábrica, es que finalmente su éxito o fracaso dependerá de la creatividad de sus "obreros", de manera que para maximizar esa creatividad habrá que minimizar aquellos obstáculos institucionales —como las reglas y procedimientos burocráticos— que actúan contra la creatividad.

El tercer elemento a ser tenido en cuenta es la necesidad de asegurar la máxima comunicación con el mercado, algo mucho más fácil de decir que de lograr, especialmente debido a que los científicos y técnicos de la unidad, por un lado, y los responsables de la comercialización, por el otro, suelen tener personalidades muy diferentes.

Un cuarto elemento es el que se refiere a un buen mecanismo para evaluar los *riesgos*, sin duda una de las tareas más difíciles y frustrantes. Entre tales riesgos, los más importantes son:

i) Riesgos científicos, como los que resultan de la falta

de un entendimiento profundo de los conocimientos científicos que se están empleando.

ii) Riesgos de desarrollo, consecuencia de la incapacidad de traducir resultados científicos en elementos concretos.

iii) Riesgos de producción, que se presentan cuando se trata de poner en producción plena un desarrollo que ha sido experimentado con éxito a escala de laboratorio o a escala piloto.

iv) Riesgos de comercialización, que se presentan en relación con la respuesta del mercado, la acción de la competencia, los cambios en política económica, etcétera.

v) Riesgos de obsolescencia, debido a la acción de la competencia, al avance del conocimiento básico, a la desaparición de la necesidad por el producto, etcétera.

Aparentemente, esta enumeración, que no es completa, podría hacer imposible una planificación racional, en términos económicos, de la producción de tecnología. En otras palabras, ante esos riesgos cabe preguntarse si es posible considerar a la producción de tecnología como una producción industrial. En realidad, es justamente la forma en que se asumen tales riesgos lo que demuestra que la producción de tecnología es, económicamente, de la misma naturaleza que la producción de cualquier otra mercancía, salvando naturalmente aquellas diferencias específicas. Toda empresa con fábrica de tecnología *evalúa* esos riesgos y procede en consecuencia. En muchos casos se procede según estrategias defensivas, de manera de disponer de un conjunto de paquetes tecnológicos de modo que el éxito de algunos permita superar los fracasos de otros. Es la estrategia que Freeman (1974) ha denominado "inversión en portafolio", similar a la que realiza un inversionista en la bolsa cuando invierte en un portafolio de acciones de diferentes empresas.

También se suele argumentar que la importancia de la "inspiración" y aun de la "suerte" en los resultados de las

actividades de R-D hace muy difícil considerar a éstas como una actividad "industrial". Así, por ejemplo, se afirma que el transistor no era necesariamente un resultado predecible de la actividad de la Bell en física del estado sólido, y en consecuencia no podía ser la base de una actividad económica organizada. Esto vale aún más para el célebre ejemplo de la "suerte" que tuvo DuPont en descubrir la pintura al duco, que adquirió gran importancia en la industria automovilística porque redujo enormemente el tiempo de secado de la pintura de un automóvil y simplificó el procedimiento de pintura de manera radical: el duco se descubrió en 1920, cuando un barril de nitrocelulosa quedó expuesto al sol durante tres días, debido a un corte de corriente eléctrica.

Sin embargo, estos "accidentes" no niegan la posibilidad de organizar racionalmente la producción de tecnología; podría decirse que, por lo contrario, la hacen imprescindible. Una de las funciones de una fábrica de tecnología es estar *preparada* para *aprovechar* toda oportunidad que se presente para explotarla adecuadamente. El incidente del barril de nitrocelulosa pudo ocurrir cientos de veces, pero sólo fue aprovechado en una empresa que estaba *alerta*, con personal bien entrenado y adecuadamente motivado. En el caso del transistor, no sólo Shockley intuyó que podría eventualmente desarrollarse un nuevo amplificador, sino que todo su equipo estaba permanentemente oteando el horizonte en busca de aplicaciones de los resultados que se obtenían en las investigaciones. Este particular *estado de alerta* es posiblemente una de las características más destacadas de una buena fábrica de tecnología.

Aunque mucho se puede aprender sobre la organización de una fábrica de tecnología mediante el estudio de sus éxitos y la indagación de sus causas, un análisis de los fracasos puede ser aún más instructivo. Por eso presentamos cuatro ejemplos de resonantes fracasos. Son todos muy diferentes entre sí, pero tienen un rasgo común: son fracasos de compañías importantes, con un prestigio mundial en tecnología, lo que enseña que fracasar en el negocio de

la tecnología no es privilegio de las empresas pequeñas.

El primer ejemplo es el del Corfam, un material sintético competidor del cuero, que fue desarrollado por DuPont y cuya historia ha sido narrada por Dan Cordtz (1971) en los siguientes términos:

> Después de siete años de esfuerzos y de una inversión de más de 100 millones de dólares DuPont todavía no ha ganado un solo centavo con Corfam. ¿Qué fue lo que anduvo mal? Nadie tiene una respuesta clara. "Decir que fue un fracaso de comercialización no sería suficiente", dice el vicepresidente responsable de la relación entre investigación y *marketing*. Realmente sobreestimamos su valor de uso. Otro ejecutivo hizo una afirmación aún más radical: "Generalmente en todo nuevo proyecto se encuentran errores que se compensan. En Corfam, todos los errores fueron de un mismo lado, y fueron importantes".
>
> La primera investigación básica en películas poliméricas porosas se llevó a cabo en los laboratorios centrales de investigación de DuPont hacia finales de la década del 30. Después de cuidadosos estudios de mercado, se llegó a la conclusión de que hacia 1982 habría escasez de cuero adecuado y que el 30% de los zapatos tendría que ser producido con otro material. En 1962, los científicos del departamento de investigación, trabajando en estrecho contacto con los fabricantes de zapatos, habían desarrollado un material que parecía satisfacer plenamente todos los requerimientos especificados. En el año siguiente, unos treinta fabricantes de zapatos presentaron en la Feria Nacional del Calzado, modelos fabricados con Corfam. La demanda aumentó rápidamente y DuPont tuvo que instalar otra fábrica. Pero comenzaron a aparecer problemas técnicos, que se multiplicaron con la producción en gran escala. Al mismo tiempo, al pasar de la escala de planta piloto a la escala industrial, los expertos no fueron capaces de producir el Corfam al costo estimado. Aparecieron además problemas "estéticos". Los fabricantes de zapatos y los usuarios no estaban satisfechos con el "tacto" del material, una vez que éste se flexionaba y arrugaba con el uso. También ocurrió que el Corfam, a diferencia del cuero, no se estiraba con el uso y, por lo tanto, los zapatos quedaban ajustados al pie aun después de largo tiempo de uso. Con lógica impecable, los expertos de DuPont opinaron que esto se subsanaba fácilmente: bastaría que los clientes pidieran un número más grande que el que pedían cuando adquirían zapatos de cuero. Pero esta observación racional tropezó

> con un hecho psicológico irracional: a nadie le gusta reconocer que tiene pies grandes [...] [Lo más sorprendente es que] si bien DuPont tenía muy buen contacto con la industria del zapato, a la que le suministraba suelas de Neoprene, cordones de nylon, cemento para pegar sus suelas y otros materiales, parece ahora evidente que los especialistas de *marketing* de la empresa no tenían una clara idea acerca de la aventura en que se embarcaban.

No hay, por cierto, una única respuesta para un fracaso de tales dimensiones, pero resultan lecciones muy valiosas sobre la multidimensionalidad del paquete tecnológico, ya que en este ejemplo puede verse la importancia de elementos tan diferentes como los relacionados con el valor de uso y el valor de cambio, la interacción entre investigación básica, ingeniería, producción, comercialización, reacción de los consumidores, etc., así como con la importancia de los recursos invertidos (en particular, tiempo) y así sucesivamente. Este ejemplo demuestra cuán adecuado resulta el concepto de "paquete" como unidad de análisis de la producción de tecnología, porque conduce naturalmente a considerar todos los elementos que participan en su confección, y no sólo algunos de ellos.

El segundo elemento es el fracaso, no de un producto, sino de todo un laboratorio de R-D, el de la Associated Electric Industry, de Gran Bretaña.

En 1947, Lord Chandos, presidente del directorio de esa gran empresa, al inaugurar el nuevo e impresionante edificio del Laboratorio Central de Investigaciones, afirmaba:

> Creo que podemos proclamar con orgullo que somos una de las pocas empresas en el mundo que tienen un laboratorio de investigaciones básicas totalmente divorciado de la investigación aplicada.

En 1963 ese laboratorio fue clausurado definitivamente. Lord Chandos dijo entonces:

> Todavía creo que es correcto divorciar la investigación funda-

mental de las divisiones productivas de la empresa, pero este laboratorio gastó demasiado dinero y tuve que recortarle las alas primero y finalmente cortárselas del todo.

Todo indica que Lord Chandos fue incapaz de entender la diferencia entre un laboratorio de investigaciones y una fábrica de tecnología.

El tercer ejemplo, de gran impacto internacional, fue el de la Rolls-Royce, compañía que se declaró en quiebra por culpa de un fracaso tecnológico, y posteriormente fue nacionalizada para evitar que desapareciese. En los años 60, la empresa Lockheed, de Estados Unidos, comenzó a desarrollar un nuevo avión jet –el Tristar– y contrató a la Rolls-Royce para la fabricación de las turbinas correspondientes, que debían ser manufacturadas con aleaciones de titanio. Pese a su reconocida capacidad en el campo de las turbinas, la Rolls-Royce fue incapaz de resolver algunos complejos problemas metalúrgicos que se presentaron con las aleaciones de titanio y finalmente no pudo entregar las turbinas en el tiempo establecido en el contrato. Las consecuencias económicas fueron tremendas para ambas empresas, que sólo se salvaron gracias a la ayuda financiera de sus respectivos gobiernos.

Éste es un buen ejemplo de lo difícil que puede ser elaborar un paquete tecnológico con determinados valores de uso, que en el anteproyecto pueden parecer fáciles de obtener pero que la realidad se encarga de mostrar que no es así.

El cuarto ejemplo es también muy sorprendente, porque le ocurrió a una empresa cuyo increíble crecimiento se debió enteramente a su gran competencia tecnológica. La empresa Polaroid Co., uno de los grandes éxitos empresariales en Estados Unidos, fue fundada en 1937 por Edwin Land, un genio inventivo del calibre de Edison, cuyo primer invento fue el de los filtros Polaroid para eliminar los reflejos de las luces de los automóviles en las carreteras. Hacia fines de la década del 40 había desarrollado lo que iba a ser su mayor invento: el primer sistema fotográfico con revelado instantáneo. El crecimiento de la empresa

fue sensacional: una inversión de mil dólares en 1938 valía más de cuatro millones de dólares en 1972.

En 1977 la empresa lanzó a la venta Polavisión, un sistema de filmar películas en el hogar con revelado instantáneo. Pese a una campaña publicitaria tremenda, Polavisión no logró penetrar el mercado y sus ventas estuvieron muy por debajo de lo esperado, creando serios problemas a la empresa.

Polavisión ha sido descrita como una "maravilla técnica" y realmente lo fue, pero ello no bastó para hacerla comercialmente viable. En otras palabras, fue un paquete tecnológico con excelente valor de uso, pero que no pudo realizar su valor de cambio, al revés de lo que ocurrió con Rolls-Royce, que teniendo un contrato firme (es decir, garantizado su valor de cambio) no pudo lograr el valor de uso. Para muchos, el fracaso de Polavisión no fue una sorpresa, teniendo en cuenta que Land siempre consideró a la investigación de mercado una verdadera pérdida de tiempo y de dinero, y que su fábrica de tecnología en Cambridge (Massachusetts) estaba dominada por científicos que no tenían ningún interés en la comercialización.

Estos fracasos, y tantos otros, demuestran cuán difícil es la actividad tecnológica y cuán complejo resulta para las autoridades de una empresa manejarla con habilidad y eficiencia. Sir Alan Wilson (1972), un científico de prestigio (Fellow de la Royal Society) describió en los siguientes términos los problemas que se le presentaron cuando ocupaba la presidencia de la empresa farmacéutica Glaxo, de Gran Bretaña:

> ¿Cómo hace la dirección de una empresa, que controla los recursos financieros pero ignora qué es lo que está ocurriendo en la mente de sus científicos, para decidir cuánto gastar en investigación y en qué campos? [La otra pregunta es] ¿Cómo hacen los científicos, cuya función es tener ideas creativas pero que saben muy poco de los problemas financieros, para presentar sus puntos de vista al directorio de la empresa? Mi primera observación es que no hay una regla de oro que pueda ayudar a los miembros del directorio a decidir cuánto gastar en investi-

gación. En consecuencia, el programa de investigaciones debe estar íntimamente ligado a la política general de la empresa. No es ese programa lo que impone la política general, pero tampoco ésta debiera ser impuesta arbitrariamente al departamento de investigaciones. Otra observación es que resulta de vital importancia que haya una estimación de las posibles consecuencias de un programa de investigación desde el momento mismo en que el mismo se inicia. Comprendo que toda estimación es siempre difícil y mucho más la de una investigación, pero es imprescindible y los científicos deben tener plena participación en su elaboración. En el campo de las actividades científicas, como en muchos otros, no se puede ir más lejos en materia de principios generales; finalmente, todo depende de la gente, pero la forma en que se organice la investigación puede ayudar al proceso o perturbarlo.

Para ver cómo se han aplicado los principios generales a los que hace referencia Sir Alan Wilson, presentaremos algunas descripciones de la organización de R-D en varias empresas. Pero todavía conviene formular algunas observaciones:

i) El vocabulario no es totalmente general, sino bastantante específico para cada empresa, por lo que una misma palabra puede tener alcances distintos en las diversas descripciones que presentaremos.
ii) Las empresas dan diferente preminencia a las distintas actividades, según el campo en que actúen y también según sus propias orientaciones. En consecuencia, una actividad –la investigación básica, por ejemplo– que es muy importante en una empresa puede no serlo en otra.
iii) Las dos preguntas claves que una empresa debe contestar al organizar su actividad en R-D son las siguientes:

¿Centralización o descentralización? ¿Todas las funciones de la fábrica de tecnología deberán estar centralizadas y por lo tanto responder a un solo comando? O, por el contrario, ¿deben estar descentralizadas en diversos grupos dependientes de distintas áreas de la empresa (como producción, comercialización, etc.)?

¿Cuál es el tipo de organización más adecuado? En este sentido existen los siguientes esquemas posibles:

a) Organización de la fábrica por disciplinas: física, química, matemáticas, materiales, etcétera.

b) Organización por tipo de actividad: investigación básica, investigación aplicada, desarrollo, etcétera.

c) Organización por tipo de producto: semiconductores, aceros especiales, textiles, polímeros, etcétera.

d) Organización por tipo de proceso: ingeniería de detalle, ingeniería de proceso, tintorería y acabado, empaque, etcétera.

e) Organización por proyecto: cada equipo se organiza en función de un determinado proyecto; cuando éste termina, el equipo se desmantela y sus integrantes son asignados a otros equipos que tienen que resolver otros problemas.

a) *Central Electricy Generating Board* (Reino Unido)

Este organismo estatal, responsable de la producción de electricidad, dispone de tres unidades de R-D dependientes de una dirección central (denominada Controller of Research).

Estas tres unidades son:

i) Los laboratorios centrales, cuya organización se muestra en el diagrama 8.

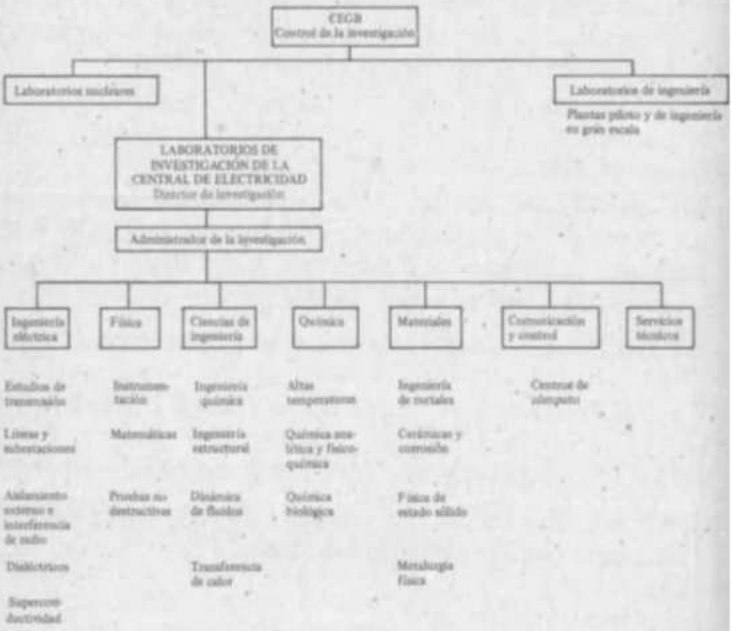
ii) Los laboratorios de Berkeley, donde se concentra toda la actividad referente a generación y uso de energía nuclear.

iii) Los laboratorios de ingeniería, responsables de la construcción y operación de equipos en escala de planta piloto.

Como puede advertirse, la organización de los laboratorios centrales se estructura sobre disciplinas: varios depar-

DIAGRAMA 9

Organización de la investigación en
Central Electricity Generating Board (CEGB)



tamentos (electrónica, química, ingeniería), cada uno con especialistas en cada disciplina, bajo la dirección de un jefe que depende del Director de Investigaciones. Este tipo de organización ha sido la más usual en los laboratorios de investigación de grandes organizaciones estatales. Tiene el inconveniente de hacer difícil la interacción entre las diferentes disciplinas y la efectiva convergencia alrededor de problemas concretos, que normalmente son interdisciplinarios.

b) *British Steel Corporation* (Reino Unido)

Es la empresa siderúrgica estatal. Sus laboratorios para actividades en R-D están divididos en dos grupos: el de los laboratorios centrales y el de los laboratorios divisionales (véase el diagrama 9). Los primeros están a cargo de los proyectos de largo plazo y que por su naturaleza global escapan a cualquier división; de los proyectos que por su naturaleza interesan a todas las divisiones (ejemplo: corrosión) y de la investigación básica general.

Los laboratorios divisionales, en cambio, se ocupan de los problemas específicos de cada división y su mayor preocupación es el mejoramiento de los productos que se fabrican en la división y el desarrollo de nuevos productos.

c) *Compañía General Electric* (Reino Unido)

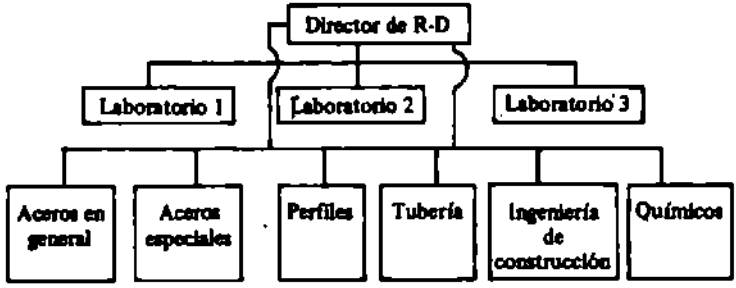
En el diagrama 10 se presenta la carta de organización de esta compañía, que no tiene ninguna relación con la empresa norteamericana del mismo nombre. Puede observarse que de las siete divisiones productivas, sólo cuatro tienen laboratorios propios; para las otras tres, la responsabilidad recae directamente en los laboratorios centrales.

d) *Imperial Chemical Industries* (Reino Unido)

Tiene cuatro laboratorios centrales que dependen de un director general de R-D y once laboratorios divisionales. En

DIAGRAMA 9

Organización de la investigación
en British Steel Corporation



general, los laboratorios centrales realizan la investigación básica general, pero los divisionales pueden también hacerlo, siempre que no gasten más del 10% de su presupuesto. Se trata así de obtener un cierto grado de libertad y mejorar la atmósfera creativa en los laboratorios divisionales que, de lo contrario, podrían caer en una tarea más rutinaria o menos atractiva en cuanto al talento creativo.

e) *Bell Laboratories* (Estados Unidos)

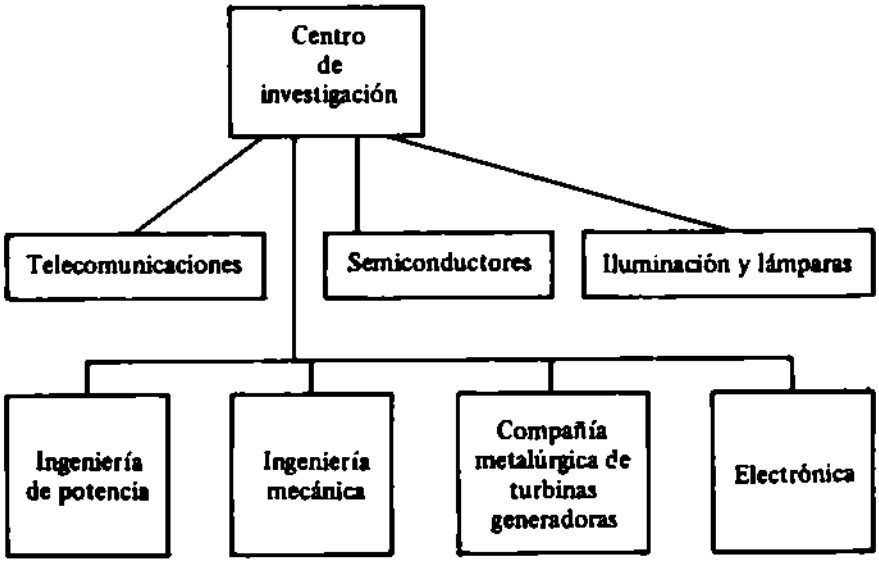
Organiza sus actividades en R-D según tres principios:

i) Por tipo de actividad: los investigadores pertenecen a investigación básica, a investigación aplicada o a diseño/desarrollo. Los primeros dependen de jefes diferentes, pero localizados en el mismo edificio. En cambio, investigación aplicada y diseño/desarrollo dependen del mismo jefe, aunque los integrantes de ambos equipos están en edificios diferentes.

ii) Por disciplina: los investigadores de básica y de aplicada se organizan en grupos de acuerdo con disciplinas

DIAGRAMA 10

Organización de la investigación en General Electric (Reino Unido)



(electrónica, bajas temperaturas, materiales, etc.).
iii) Ingeniería de sistemas: es una actividad que trata de conectar a las tres disciplinas mencionadas. Diríamos que es la responsable de "armar" los paquetes tecnológicos. Su personal está integrado por varios cientos de profesionales, con un jefe –con nivel de vicepresidente– que es independiente de los directores de básica, aplicada y desarrollo.

f) *Hoescht A.G.* (Alemania Federal)

Un informe de OECD (1972) describe en los siguientes términos la organización de R-D en esta empresa transnacional:

> Hoescht está dividida en 14 grupos productivos. Cada uno de estos grupos tiene sus propias facilidades de R-D. Además, la empresa mantiene los llamados "laboratorios principales", que consisten en departamentos centrales de investigación y en los servicios de investigación (entre otros, la biblioteca científica central). Pero toda la investigación, se haga donde se haga, depende de un director general de R-D. La mayoría de las facilidades de los laboratorios principales están alojadas en un mismo edificio, que está localizado enfrente del edificio que aloja a los laboratorios de los grupos productivos, configurando una suerte de "ciudad de investigación", ubicada en los mismos terrenos de las principales fábricas de Hoescht. El conjunto integra una pequeña ciudad industrial en los suburbios de Frankfort.

g) *Unilever*

Esta empresa transnacional, de origen anglo-holandés, tiene nueve laboratorios que sirven a siete divisiones de productos. No describiremos todos ellos, sino el más importante de Inglaterra, en Port Sunlight, que se ocupa de detergentes, productos químicos industriales y madera. Tiene dos grupos netamente separados: el denominado Grupo Tecnológico, que tiene orientación técnica, y el Grupo de Desarrollo de Productos, que tiene orientación comercial. Esto

se debe a que la dirección de Unilever considera que el desarrollo de productos requiere el mismo grado de entendimiento científico que los problemas estrictamente técnicos. Más aún: ese grupo tiene su propio equipo de investigación básica y un sistema muy organizado para la formulación, análisis y evaluación de proyectos.

h) *Beecham* (Reino Unido)

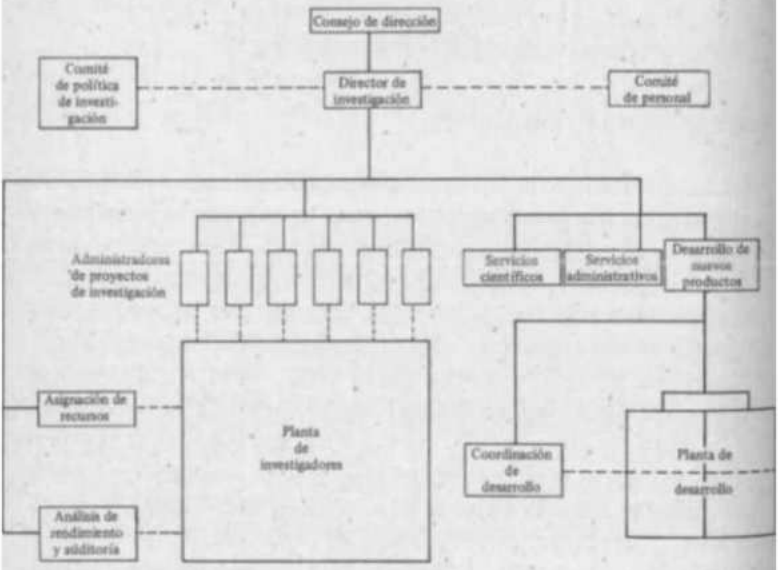
Sus laboratorios de investigación son un buen ejemplo de la organización por proyectos, muy conveniente para hacer frente a condiciones de cambio rápido. Para cada nuevo proyecto de investigación se constituye un equipo multidisciplinario adecuado, bajo un director del proyecto, que depende directamente del director de investigaciones. Cuando el proyecto se completa –por ejemplo, cuando el nuevo producto se ha lanzado exitosamente al mercado– el equipo se disuelve y sus componentes pasan a integrar otros equipos, que se ocupan de otros proyectos. Lo importante es que el objetivo del equipo está claramente definido y sus integrantes saben que serán evaluados según el éxito que tengan en él. Estas son sus ventajas principales; sin embargo, aplicado aisladamente, tiene el inconveniente de que puede llevar a una mala asignación de recursos en una situación donde los proyectos en desarrollo cambien muy frecuentemente.

En el caso de Beecham hay generalmente unos 20 proyectos en desarrollo, con equipos que tienen entre seis y 60 personas, según los casos. La asignación de recursos se hace por un pequeño grupo del personal, mientras que otro grupo se ocupa del análisis y evaluación del desempeño de los equipos. En estos grupos de evaluación hay siempre una representación de los departamentos de *marketing* y de investigación de mercados.

Los servicios científicos (por ejemplo, análisis químico) y administrativos sirven a todos los grupos y proveen de capacidades especiales cuando algún grupo lo requiere. Hay

DIAGRAMA 11

Organización de la investigación en Beecham Research Laboratories



——— Responsabilidad directa y permanente.

– – – – – Responsabilidad asociada con las tareas dinámicas de planificación y coordinación de los proyectos.

un departamento de desarrollo de nuevos productos, encargado del desarrollo final de cada producto, una vez que éste ha sido suficientemente definido por el grupo correspondiente. Este departamento está organizado según el modelo clásico, por disciplinas, con una fuerte unidad de coordinación.

La estrategia de investigación y los objetivos son decididos por un comité de política de investigación, formado por el director de la división farmacéutica de Beecham, el director de investigaciones, los responsables de los grupos de auditoría y de asignación de recursos, el director médico y un consultor científico externo de alto nivel.

i) *General Electric* (Estados Unidos)

Como ya lo hemos dicho, en esta corporación la actividad organizada de R-D comienza muy temprano, en 1907 (en verdad, la empresa fue una consecuencia de las tareas de R-D realizadas por la organización de Edison, en Menlo Park) y desde entonces fue siempre una actividad muy importante en el desarrollo de la empresa. Ésta consta de once grupos de producción, cada uno con un volumen anual de ventas superior a mil millones de dólares, por lo que cada grupo es una empresa importante.

El Centro de Investigación y Desarrollo de General Electric tiene más de 600 científicos e ingenieros y un número doble de personal auxiliar, y está organizado principalmente por disciplinas.

Roland W. Schmitt (1972) ha explicado las diversas funciones que cumple este Centro con las siguientes palabras:

> En primer lugar, toma a su cargo las investigaciones de más largo aliento, de carácter exploratorio y que tienen más riesgo. En segundo término, realiza investigación en aquellas áreas en las que puede obtener economías de escala y servir a varios de los grupos al mismo tiempo. [Es importante tener en cuenta que los grupos no están organizados por tecnología sino de acuerdo con los mercados que sirven. Por eso, algunas tecnolo-

gías son de importancia para varios grupos. De ahí que resulte más económico para la empresa hacer las investigaciones correspondientes en el Centro y no en los distintos grupos, separadamente.] En tercer lugar, la investigación en el Centro le permite a la empresa tener la dimensión necesaria para lograr impactos que le aseguren el liderazgo en ciertos campos. También hay otras funciones, como las relaciones especiales que se pueden establecer en el ambiente académico y en el medio profesional, la posibilidad de suministrar asesoramiento técnico rápido en emergencias, etcétera.

j) *Institut Mérieux* (Francia)

Es una exitosa empresa farmacéutica de Lyon, que se especializa en vacunas, y que adquirió prestigio mundial con su vacuna contra la aftosa. Es pequeña –unas 1 500 personas– pero la actividad de R-D es muy importante, como lo describe un informe de la OECD (1972):

> Tiene alrededor de 100 científicos con preparación académica muy diversa. A causa de su tamaño mediano, la organización del R-D en Mérieux se basa en dos principios: primero, toda la investigación se hace en forma multidisciplinaria [. . .] Segundo, la compañía no acepta separar investigación de producción: los que solicitan empleo en ella no son aceptados si manifiestan interés en ocuparse exclusivamente de investigación; los científicos pasan continuamente, según las necesidades de la empresa, de tareas de investigación a tareas de producción. Para Mérieux la investigación fundamental no es tanto un punto de partida como una consecuencia lateral de la investigación aplicada, que es su objetivo principal.

k) *Texas Instruments* (Estados Unidos)

Es una de las empresas de mayor éxito en el mundo entero en la utilización de la ciencia y la tecnología aplicadas a la producción. En lugar de presentar una descripción de la organización de sus actividades en R-D, preferimos citar *in extenso* una conferencia que dictó en 1968 P. Haggerty, presidente de la compañía, en la que plantea de manera muy clara el problema más importante de toda organización de R-D, el enfrentamiento entre administración e innovación:

En una etapa relativamente temprana del trabajo de desarrollo es preferible que los principales *managers* sean buenos administradores más que buenos innovadores. Frecuentemente ellos han triunfado y han desplazado a los innovadores originales, mientras que la mayoría de los innovadores suelen no darse cuenta de lo malos administradores que son. Su sistema de valores y su propia experiencia no les permiten comprender cuán difícil es realizar adecuadamente el trabajo de administración [...]

Como consecuencia [de este conflicto] los *managers* administrativos no tienen bases para juzgar adecuadamente, y respetar, las contribuciones que realmente pueden realizar los innovadores. Por eso hacen crecer la organización simplemente por adición, a medida que lo exigen las necesidades del negocio, reducen costos, bajan precios, etc., todo lo cual es importante, pero es muy difícil que den el impulso necesario para un crecimiento dinámico. La organización se hace así más compleja, disminuye la cantidad de innovadores y finalmente resulta más difícil producir innovaciones. En algún momento, cae la velocidad de crecimiento y puede reducirse tanto que haga fracasar el negocio.

[...] Cuando uno debe elegir entre el incierto y ambiguo futuro asociado con un esfuerzo innovativo mayor y el camino difícil, pero tangible y cuantificable, de explotar las posibilidades comerciales presentes, la tentación es casi irresistible de adoptar el segundo camino y postergar el primero.

Se trata de un camino hacia el fracaso, porque la innovación exige mucha imaginación, y una administración rígida puede ser fatal.

IV. La empresa de tecnología

La investigación y desarrollo es en verdad una industria porque se la puede definir como una estructura, más o menos estable, de operaciones de producción y de distribución de bienes económicos.

F. RUSSO Y R. ERBES (1959)

En el capítulo III se ha definido la empresa de tecnología como una organización que tiene por objeto procesar conocimiento para producir y comercializar tecnología. Su principal diferencia con la fábrica de tecnología es que mientras esta última produce tecnología *para* la compañía a la que pertenece –aunque eventualmente la pueda vender a terceros– la empresa de tecnología lo hace para lanzarla al mercado, es decir que la tecnología es su *negocio*.

La producción de tecnología consiste en un conjunto de operaciones complejas en las que se articula conocimiento de distinta naturaleza proveniente de diferentes fuentes para obtener lo que hemos llamado un paquete (véase el capítulo I). Podemos ahora definir el objetivo de una empresa de tecnología como el de la producción organizada de paquetes tecnológicos para ser comercializados en un mercado. Para ella "el R-D no es ni magia negra ni magia blanca. Es una actividad de negocios" (Rance, 1968).

La empresa de tecnología es un centro para concentrar y procesar ideas, información y conocimiento de diversas

fuentes: otras empresas de tecnología, inventores independientes, universidades, consultores, oficinas de patentes, literatura científica y técnica, competidores, conferencias, etc. Si los paquetes así obtenidos tienen un adecuado valor de uso, adquirirán valor de cambio en el mercado a través de operaciones comerciales. Tales paquetes pueden ser la respuesta a una demanda precisa del mercado, es decir a un pedido específico formulado por alguno de los clientes de la empresa de tecnología, y pueden también ser ofertas nuevas, es decir paquetes que no han sido solicitados por nadie, pero que han sido producidos por la empresa de tecnología según propia iniciativa. En palabras de Marx (1972, p. 140):

> La invención se ha convertido en una rama de los negocios y la aplicación de la ciencia a la producción inmediata tiene por objeto las invenciones al mismo tiempo que las demandas.

La misión de la empresa de tecnología es encontrar soluciones adecuadas para los problemas tecnológicos de sus clientes, que requirieren aumentar la 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. Esto significa que el conocimiento científico, aunque muy importante, no sólo no es la única herramienta de una empresa de tecnología, sino que muchas veces ni siquiera es la más importante. Si ésta se restringiese exclusivamente a la clásica actividad de investigación, tendría serias dificultades de responder a las demandas reales del mercado. La buena investigación, requisito para asegurar una buena performance de una empresa de tecno-

logía, no es suficiente, ya que debe unirse a consideraciones de producción y *marketing* que son componentes fundamentales para toda solución tecnológica apropiada.

1. Objetivos

Toda empresa de tecnología requiere un amplio espectro de servicios, tales como facilidades de laboratorio, estudios de ingeniería, capacidad de diseño, estudios económicos y financieros, servicios de control de calidad, información científica y técnica, investigaciones de mercado, etc. Como produce para comercializar, sus transacciones comprenden no sólo lo que produce sino lo que producen otros. Su habilidad para "armar" sus propios paquetes le permite "desarmar" los paquetes producidos por otros y usar lo que le convenga de esos paquetes, combinándolo con elementos de otras fuentes, para preparar nuevos paquetes, distintos de los originales.

Un ejemplo concreto permitirá comprender mejor los alcances de una empresa real de tecnología y los servicios que ofrece. La cita siguiente es de una publicación de la empresa francesa Bertin et Co.:

> [Se define a sí misma como] una empresa de investigación, desarrollo y aplicaciones industriales [cuyos clientes son] la industria, las organizaciones gubernamentales y semigubernamentales, las asociaciones de investigación [. . .] [Define así sus funciones]: *valorizar*, es decir extender el impacto del conocimiento existente mediante la diversificación de sus aplicaciones; *resolver*, es decir, ayudar a los clientes a encontrar soluciones prácticas a problemas técnicos difíciles, suministrándoles conocimiento complementario y facilidades; *evaluar*, es decir tomar en consideración tanto los aspectos técnicos como económicos de un problema; *realizar*, es decir ser capaces de efectuar todas las etapas de un proyecto hasta su punto final, pero aceptando también interrumpirlo en el momento en que el cliente decida seguirlo por su cuenta; *proteger*, es decir, resguardar los secretos industriales bajo todas las circunstancias . . . [. . .] [Define así las fuentes de conocimiento que emplea]: [. . .]

su participación en grandes proyectos en los que se emplean las técnicas más avanzadas; su trabajo en la solución de problemas que se presentan en la más amplia variedad de industrias; sus relaciones con universidades y otros centros de investigación, su acceso a documentación actualizada. Este potencial científico y técnico se acumula en varios departamentos, cada uno de los cuales está organizado alrededor de una especialidad en el campo de la física o alrededor de una tecnología (tales como la acústica, la transferencia de calor, la automación, etc.). Cada uno de estos departamentos aplica su competencia a todos los campos industriales (nuclear, vidrio, alimentos, ingeniería química, etc.). Esta forma de organización permite a los expertos de Bertin desarrollar al máximo el conocimiento en su especialidad y realizar las operaciones asociadas de transferencia técnica entre sectores avanzados y tradicionales, y entre distintas ramas industriales – sin producir los problemas de competencia que generalmente perturban las comunicaciones entre firmas que operan en la misma rama industrial.

Para hacer posible esta transformación de conocimiento teórico en productos industriales terminados, Bertin suministra a sus ingenieros los elementos indispensables [. . .] [que la publicación define así]: dominio completo de los fenómenos físicos y de las técnicas experimentales, para lo cual cada departamento mantiene su propio laboratorio de investigaciones y tiene acceso a instalaciones experimentales de otras organizaciones; capacidad avanzada en computación científica, ya que todos los ingenieros son entrenados en análisis numérico y las computadoras se emplean permanentemente como una extensión del laboratorio (lo cual permite, en particular, la utilización de modelos matemáticos para problemas complejos); control completo sobre la realización de los proyectos (oficina de dibujo, oficina de ingeniería, taller, departamento de producción, además de una red de subcontratistas a la disposición del equipo responsable del proyecto).

[Con esta organización, que emplea unas 600 personas] Bertin puede afrontar problemas de diversa índole:

- definición, es decir, consulta, diagnóstico, consejo y definición de un problema concreto;
- demostración, es decir construcción de modelos experimentales, prototipos, artefactos especiales;
- experimentación, es decir ensayo y mediciones de componentes o elementos;
- investigación aplicada, es decir búsqueda de nuevo conocimiento sobre un fenómeno físico dado;

- diversificación, es decir búsqueda de nuevas aplicaciones de conocimientos, productos o procesos conocidos;
- sistemas, es decir estudio matemático o simulación física de sistemas complejos;
- evaluación económica, es decir análisis de los aspectos económicos de nuevos proyectos tecnológicos;
- bibliografía, es decir monografías que presentan el estado del arte de un determinado asunto.

Hemos citado extensamente esta publicación de una empresa de tecnología porque nos parece la forma más adecuada de presentar la amplia gama de actividades concretas que desempeña y los elementos materiales con los que puede realizarlos.

Hay numerosas empresas de tecnología –generalmente denominadas instituciones de R-D– tales como el Battelle Memorial Institute (Estados Unidos), el Fullmer Research Institute (Reino Unido), el IRSID (Francia), el Centro Electrotecnico Sperimentale (Italia), el Machine Tool Research Institute (Unión Soviética), el Central Leather Research Institute (India), el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo (Brasil), el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Argentina), el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (Colombia), el British Non-ferrous Metals Research Association (Reino Unido), el Instituto del Mar (Perú) y cientos de instituciones similares en la mayoría de los países. También habría que considerar como empresas de tecnología a las empresas de ingeniería y de consultoría, que generalmente venden tecnología, aunque no la producen, a las empresas que desarrollan bienes de capital pero que no los producen en cantidad, sino sólo como prototipos; a las empresas que venden información; a los institutos de investigación en agricultura, pesquería, ganadería, etcétera.

Ocurre, sin embargo, que muchas de estas instituciones son como aquel personaje de Molière que no sabía que cuando hablaba hacía prosa: son empresas de tecnología, pero no lo saben. Esto tiene un marcado efecto adverso sobre sus actividades, como ocurre con la mayoría de los de-

nominados institutos nacionales de tecnología industrial. Harvey Brooks (1967) ha observado que "una paradoja frecuente en los laboratorios del gobierno es el contraste entre el alto nivel científico de sus investigadores y los pobres resultados alcanzados por la institución". Lo que suele ocurrir es que estos laboratorios son creados para cumplir los objetivos de una empresa de tecnología pero son organizados según los criterios de los laboratorios universitarios de investigación, y por eso se los denomina "institutos" y no empresas. En consecuencia, se produce una lamentable confusión de cometidos: sus investigadores creen que están trabajando en un laboratorio y no en una empresa y que por lo tanto su deber es producir buena ciencia, que es lo que eventualmente hacen, como señala Brooks, pero no producir tecnología, que es el verdadero objetivo de la institución. De ahí resulta que aun cuando el desempeño de cada investigador pueda llegar a ser bueno, el resultado de las actividades de la organización en su conjunto es deficiente, porque no suministra la tecnología que se espera de ella.

Una de las manifestaciones de esta confusión es que en estas instituciones no se suele prestar ninguna atención a la actividad comercial. Un ejemplo notable de ese descuido es la National Research Development Corporation –la mayor organización gubernamental del Reino Unido para la producción de tecnología– que recién después de 30 años de existencia designó su primer gerente de comercialización.

Pero hay también otros factores importantes que deben ser considerados en la organización y funcionamiento de una empresa de tecnología, más allá de los científicos, los técnicos y el mercado:

i) Las condiciones económicas: inversión, crecimiento, etcétera.
ii) Las ganancias.
iii) Las fuentes y condiciones de financiación.

iv) Los impuestos (personales, de las empresas, etcétera).
v) Las patentes y condiciones de registro para la compra y venta de tecnología.
vi) Los factores culturales y de comportamiento social, en relación con la influencia que ellos tienen sobre el mercado.

Las empresas de tecnología pueden ser clasificadas en dos grandes categorías:

i) Empresas *sectoriales*, que producen y comercializan tecnología para un determinado sector de la estructura productiva (industria, agricultura, ganadería, comercio, minería, etc.). En esta categoría hay empresas privadas, como el Fullmer Research Institute (Gran Bretaña), que opera en el sector industrial; empresas estatales, como el INTI (Argentina), que también actúa en el sector industrial; paraestatales, como el INTEC (Chile); provinciales, como el IPT (San Pablo, Brasil); regionales, como el IACITI (Centro América). Pero hay también empresas sectoriales que se desempeñan en más de un sector, como el Battelle Memorial Institute (Estados Unidos), el NRDC (Reino Unido), el Arshach Applied Science Ltd. (Israel), etcétera.
ii) Empresas *de ramas*, que producen y comercializan tecnología para una rama industrial específica (la industria metalúrgica, la textil, la eléctrica, la petrolera, la de máquinas herramientas, la de computación, etc.). Ejemplos típicos son IRSID, en Francia (acero); The British Ceramics Research Association en Gran Bretaña (cerámicas y refractarios); la compañía Sciaky en Estados Unidos (soldadura), el Laboratorio Nacional de Hidráulica en Argentina; el Centro Technique de la Fonderie en Francia (fundición); el Electric Power Research Institute en Estados Unidos (generación y distribución de electricidad); el Central Research Leather Institute en India (cueros), etcétera.

Pero las empresas de tecnología no sólo existen en los países de economía capitalista, sino también en los países socialistas, como lo prueba la siguiente lista de instituciones, que aunque son auténticas empresas de tecnología tienen otros nombres.

En la Unión Soviética: Instituto de Diseño (NIPKI); Instituto de Proyectos Tecnológicos (NIPTI); Instituto de Diseño Tecnológico (NIKTI); Instituto de Investigaciones del Plan (NIPI); los institutos de investigación (denominados VUZ) que pertenecen a la Academia de Ciencias; los institutos del estilo del de Electrotécnica y similares, etcétera.

En China: el Instituto Metalúrgico de Tientsin; el Instituto de Maquinaria Agrícola y Máquinas Herramientas de Ching-Huang-Tao; el Instituto de Investigación de Maquinarias, en Tanshan; el Instituto de Investigaciones de la Industria Química de Shangai; el Instituto de Ingeniería de Nankin; el Instituto de Investigaciones del Vidrio, etcétera.

Institutos similares, algunos mundialmente famosos, se encuentran en otros países del bloque socialista, tales como el Instituto de Investigaciones en Máquinas-Herramientas (Checoeslovaquia), el Instituto de Investigaciones Ópticas (República Democrática Alemana), etcétera.

Hemos dicho más arriba que las firmas de ingeniería y de consultoría son también empresas de tecnología, pero de un tipo diferente. Así, por ejemplo, en el caso de las consultoras, los servicios que éstas ofrecen pertenecen enteramente al área de comercialización de las empresas de tecnología: estudios de mercado, estudios de prefactibilidad, estudios de factibilidad, suministro de expertos, etc. Es decir que no producen tecnología, sino que comercializan la que obtienen de otras fuentes.

En cuanto a las empresas de ingeniería, si bien no realizan en general funciones de investigación, hacen mucho trabajo de desarrollo en relación con diseño, construcción, montaje de maquinaria, montaje de plantas, etc. De esa manera cubren tanto la producción como la comercialización de tecnología, pero en general no están totalmente in-

tegradas, ya que normalmente no realizan investigación propia.

Otro ejemplo de empresas de tecnología son los llamados "laboratorios orientados" (*mission oriented laboratories*), como los centros de investigación especial, los institutos de investigación nuclear, etc. En efecto, como veremos más adelante, el calificativo "orientado" comenzó a aplicarse cuando se llegó a la conclusión de que este tipo de organizaciones hacía una tarea mucho más amplia que la de los clásicos laboratorios de R-D y, en la mayoría de los casos, constituían verdaderas fábricas o empresas de tecnología.

Hay empresas de tecnología que son transnacionales, como ocurre con el Battelle Memorial Institute, cuya sede central está en Columbus (Ohio) y tiene sucursales perfectamente instaladas en Suiza y Alemania y oficinas de representación en Bélgica, Brasil y el Reino Unido. La comunicación por satélite mejora notablemente la comercialización mundial de la tecnología, como lo muestra el siguiente texto publicitario de la Control Data Worldtech Inc. (1969):

> [Esta empresa está organizada] para proveer un servicio mundial de comercialización de tecnología. Diseños de productos, inventos, innovaciones, procesos, *know-how*, son ejemplos de las tecnologías comercializadas por la Worldtech Inc. [...] La sede central está en Saint Paul, Minnesota, y la comercialización se realiza en las distintas regiones del mundo a través de un agente de comercialización [...] Worldtech usa el banco de datos Tecnotec, una aplicación a escala mundial del Cybernt Service de la Control Data [...] una red de computadoras que provee toda la información actualizada en tecnologías disponibles.

2. Producción y comercialización

La producción de tecnología presenta problemas muy similares al de la producción de otras mercancías, pese a que, como ha señalado Freeman (1977): "La industria de R-D difiere de las demás industrias [...] en la naturaleza de su actividad y en la forma de su organización. Si bien, como

otras industrias, requiere también insumos de materiales y de energía, éstos son realmente poco importantes [. . .]" Pero los problemas son de la misma naturaleza. En primer lugar, están los problemas económicos y financieros: cuánto invertir, cómo invertir, cómo calcular los retornos sobre el capital, la ganancia neta, etc. Y también: cómo calcular el presupuesto, en bienes de capital, en personal, en gastos corrientes, en gastos extraordinarios, en relación con cambios de programa; cómo manejar el problema de los impuestos, etcétera.

Luego, los problemas industriales: dónde y cómo instalar las fábricas, cómo organizar la producción, cómo administrar el personal, cómo aumentar la productividad, cómo manejar los servicios auxiliares, etc. Y también, por supuesto, los problemas comerciales: características del mercado, condiciones de importación y exportación, organización de las ventas, distribución, publicidad, etcétera.

Las características específicas de la producción de tecnología son las siguientes:

- Los productos son únicos y no se puede pensar en una línea de producción.
- El paquete a producir puede aún ser desconocido, en su forma final, al comienzo del proceso o puede sufrir modificaciones sustanciales durante su producción.
- El costo estimado de producción es muy difícil de estimar, debido a la compleja naturaleza del paquete y a los numerosos insumos que necesita. Más aún, algunos de esos insumos —estimados y adquiridos al comienzo del proceso de producción— pueden terminar siendo completamente innecesarios al final del mismo.
- Puede haber largas demoras no sólo en obtener un paquete sino en determinar su verdadera utilidad en el mercado.
- Hay siempre una retroacción (*feed-back*) importante entre las distintas etapas de la producción, lo que se traduce en alternativas que son difíciles de elegir.
- El personal es mucho más importante que en cualquier

empresa de otro tipo, ya que de él depende la creatividad, que es el componente más preciado de la producción. La empresa mejor equipada puede fracasar estrepitosamente si carece de personal creativo.

Este conjunto de características suele presentar problemas cuyas soluciones son complejas, imprecisas y muchas veces contradictorias, algo que no debe sorprender si se tiene en cuenta la muy corta experiencia histórica (unas pocas décadas) de esta actividad y su muy elevada heterogeneidad, ya que se desarrolla en sectores industriales que son muy distintos entre sí.

Por último, no debe olvidarse que no hay recetas seguras para obtener creatividad, especialmente en equipos, que es la forma normal de trabajo en una empresa de tecnología. Porque si bien los numerosos recursos de que dispone un equipo pueden aumentar la eficiencia del conjunto y estimular la creatividad, hay muchos ejemplos que demuestran que también la puede inhibir, lo que agrega otra variable errática en la actividad de las empresas de tecnología.

Los paquetes que produce una empresa pueden tener distintos grados de procesamiento, ya que pueden ir desde un estudio de pre-factibilidad hasta la ingeniería de detalle más completa. Puede también ser totalmente integrado –desde la investigación básica y aplicada hasta el *service* después de ventas– o puede haber sido producido sin necesidad de facilidades tales como laboratorios, plantas pilotos, talleres, etc., sino simplemente obteniendo los conocimientos necesarios de fuentes externas a la empresa y articulándose convenientemente. Al respecto, puede decirse que esta forma de producir paquetes puede ser más conveniente en el corto plazo, pero la experiencia parece mostrar que las empresas totalmente integradas son las más eficientes, seguramente debido a la naturaleza muy dinámica de la tecnología, que obliga a estar muy alerta a los cambios que se suceden ininterrumpidamente.

Los tres productos principales que puede ofrecer una empresa de tecnología son los siguientes:

a) *Know-how* para productos o procesos en forma general, incluyendo los datos necesarios para preparar la ingeniería básica de producción, lo que incluye los principios fundamentales en que se asienta el proceso, los diagramas esquemáticos, las especificaciones básicas para materiales y componentes, etcétera.
b) Lo que se denomina "ingeniería básica", que incluye diagramas de flujo, balances de masa y de calor, un diseño completo del proceso, las principales dimensiones de los equipos mayores, especificaciones para los materiales, normas y códigos de diseño, etcétera.
c) Lo que se denomina "ingeniería de detalle", que incluye los cálculos detallados del diseño, así como los planos correspondientes, las especificaciones precisas para adquirir equipos y materiales, toda la información necesaria para la construcción y montaje de la planta, etcétera.

En muchos casos, las empresas de tecnología ofrecen a sus clientes asistencia técnica permanente u ocasional, así como entrenamiento de personal, control e inspección de equipos e instalaciones, asistencia jurídica en materias de propiedad industrial y hasta asistencia para la comercialización de los productos manufacturados con el paquete tecnológico que los clientes hayan adquirido.

Un aspecto que conviene subrayar es que una empresa de tecnología adquiere, a través del proceso de producción tecnológica, beneficios muy importantes, fuera de los puramente económicos:

- Mejora su propia capacidad de producción gracias al aprendizaje que realiza cada vez que produce un paquete tecnológico. Hay acuerdo de que el mejor método para aprender a producir paquetes es haciéndolos, otro ejemplo de *learning by doing*.
- Crea un "capital de trabajo" consistente en información, estadísticas, diseños, datos de ensayos, controles e inspecciones, procedimientos, etcétera.

• Los descubrimientos científicos que puedan realizarse, aunque no tengan valor económico, tienen gran importancia en relación con el prestigio de la empresa y como un atractivo para la atracción de talento.

Por lo que se refiere a las actividades de comercialización de las empresas de tecnología, la primera observación es que consisten no sólo en la venta de paquetes sino también en su compra, sea para utilizarlos en la manufactura de otros paquetes, para revenderlos, para alquilarlos, para copiarlos, etc. La actividad de comercialización debe entenderse como una unidad, porque de esa manera lo que se aprende vendiendo sirve para comprar mejor y viceversa.

Las actividades de comercialización más significativas son:

i) Definición de la estrategia de comercialización de la empresa.
ii) Estudio de las características de los distintos clientes potenciales.
iii) Análisis de los productos a vender.
iv) Estudios de las posibilidades de compra de paquetes enteros o de componentes, según las necesidades.
v) Búsqueda de los recursos financieros para la comercialización.
vi) Realización de las ventas y las compras.
vii) Entrega de los paquetes tecnológicos a los clientes y responsabilidad por los servicios "después de la venta"

Es importante conocer cuáles son los factores que influirán en la decisión de un comprador de paquetes tecnológicos:

a) Que el paquete ofrecido sea técnicamente conveniente para sus necesidades; en otras palabras, que su valor de uso sea el adecuado.
b) Que los términos comerciales sean convenientes (pre-

cio, financiación, fecha de entrega, servicios después de venta, etc.).
c) Que los términos jurídicos de la operación sean favorables (derechos de patentes, acuerdos de licencia, cláusulas de aceptación y rechazo, etcétera).
d) Que las garantías de calidad, rendimiento, confiabilidad, etc., estén claramente descritas y establecidas.
e) Que la producción en curso no se perturbe seriamente por la introducción del nuevo paquete.
f) Que el paquete adquirido permita la obtención de importantes ventajas frente a la competencia.

Toda empresa de tecnología debe estar adecuadamente preparada para hacer frente a estos factores que, como se ve, no son muy diferentes a los que tienen influencia en la conducta de cualquier comprador de bienes de capital. La diferencia mayor se presenta cuando el paquete incluye un componente importante de investigación, porque en ese caso los riesgos son elevados y tanto el vendedor como el comprador deben esmerarse en la preparación de un contrato satisfactorio para ambos y que tome en consideración el eventual fracaso de la operación, simplemente por la no obtención de los resultados esperados de la investigación.

Un elemento clave para el éxito de una empresa de tecnología es llegar a ser capaz de preparar un "portafolio de paquetes", de modo que sus clientes tengan mayores posibilidades de elección. Un portafolio permite a la empresa cubrir un campo muy amplio, para lo cual debe incluir proyectos de corto y largo plazo, proyectos que ayuden a fortalecer los intereses permanentes de la empresa, proyectos que permitan a la empresa adquirir experiencia en nuevos campos, proyectos que aumenten su prestigio, proyectos que puedan proveer financiación para otros proyectos, etc. Un portafolio bien estructurado es la mejor defensa de una empresa de tecnología para los "años malos", algo que suele ocurrir con cierta frecuencia en este tipo de negocio.

Otra función del área de comercialización de la empresa de tecnología es la de establecer relaciones comerciales es-

tables con otras empresas dedicadas a las mismas actividades. En particular es importante la relación con firmas de consultores y con firmas de ingeniería. No hay que olvidar que las consultoras son probablemente los mejores vendedores de tecnología, puesto que ése es justamente su *métier*. Dennis Goulet (1977) ha señalado muy apropiadamente que:

> Los consultores son el cemento que mantiene unida la red de transferencia de tecnología: sirven simultáneamente como canales y como mecanismos de esta transferencia.

A su vez, cuando una firma de ingeniería obtiene un contrato para un proyecto, generalmente subcontrata la tecnología necesaria en una o varias empresas similares. Esta colaboración puede incluir la adquisición de maquinaria y equipos para el proyecto, el montaje, pruebas de funcionamiento, etcétera.

Otra relación importante es la que se establece entre una empresa de tecnología y el inventor independiente que, como ya se ha señalado, sigue siendo una fuente importante de nueva tecnología. No debe olvidarse que el inventor tiene a su favor el hecho de que ninguna burocracia obstruye su creatividad, a pesar de que carece, generalmente, de los recursos necesarios para transformar su brillante idea en un paquete capaz de adquirir valor de cambio en el mercado. Como ya se ha dicho en el capítulo I, un paquete tecnológico es mucho más que una invención —e incluso que una innovación— y es por eso que suele resultar muy difícil al inventor solitario llegar a tener la capacidad de suministrar al mercado paquetes tecnológicos.

Durante muchos años, la comercialización de tecnología no fue considerada de importancia en los países socialistas. Últimamente, por el contrario, se ha convertido en un problema que preocupa seriamente a los responsables de las economías de esos países. Con la tecnología sucedió un fenómeno similar al ocurrido con otras mercancías: la mayor preocupación de los gobiernos estuvo en obtener

una adecuada producción, pero no se prestó mayor atención a todo lo relativo a la distribución. El objetivo inicial fue la instalación de facilidades de R-D, más parecidas a lo que hemos llamado fábricas de tecnología que a las empresas de tecnología, en la creencia de que el conocimiento generado en esas unidades se podría utilizar, sin ninguna dificultad, en la estructura productiva. Pero tras muchos años de experiencia —en particular en la Unión Soviética— quedó demostrado que tal cosa no ocurre y que la distribución o comercialización es, en verdad, mucho más importante que lo que se creía y que la producción de tecnología es una condición necesaria, pero no suficiente, para asegurar a la estructura productiva un fluido suministro de tecnología. En los últimos años de la década del 60 se introdujeron drásticas reformas en las instituciones científicas y técnicas de la Unión Soviética, con el fin de obtener una mayor descentralización y de desarrollar mecanismos de comercialización más eficientes. Con ese objeto, se crearon las llamadas "organizaciones científicas industriales", organizadas como lo que hemos llamado "empresas de tecnología". El rasgo más importante de estas organizaciones es su independencia de las Academias y su estrecha vinculación con la estructura productiva. Por otra parte, se introdujeron incentivos —económicos, entre otros— para mejorar la eficiencia de las conexiones entre estas organizaciones y sus clientes. Los cambios internos coincidieron, por lo demás, con una mayor apertura de la Unión Soviética respecto de la tecnología extranjera, que se tradujo en la obtención de nuevos canales y en un aumento significativo de sus compras. Un estudio de la revista *The Economist* (1977) muestra que hasta mediados de la década del 60, la Unión Soviética había adquirido menos tecnología al Occidente que Japón. Las reformas mencionadas han tratado de superar esa situación.

En todo caso, este "problema de interconexión" entre infraestructura científico-técnica y estructura productiva continúa siendo de difícil solución para las economías de los países socialistas, y se admite que es uno de los princi-

pales factores del atraso tecnológico que sufren con respecto a los países de la OECD.

Cuando se destaca tanto la importancia de la comercialización de la tecnología, suele plantearse la objeción de que para los países del Tercer Mundo no se trata de un problema tan grave porque necesitan una tecnología diferente a la de los países desarrollados y, por lo tanto, lo que cuenta es producir esa tecnología –mediante institutos adecuados– y distribuirla por los canales correspondientes, que no tienen por qué ser los mismos que en los países desarrollados. En consecuencia, según esta posición, el concepto mismo de empresa de tecnología sería irrelevante para el Tercer Mundo, tratándose de un tipo de institución de los países industrializados que no conviene trasplantar.

Se trata de una objeción seria, que es necesario analizar en detalle. Es sabido que una legítima preocupación de los países del Tercer Mundo es cómo obtener tecnologías más adecuadas a su propia constelación de factores y recursos, capaces de ayudar a resolver sus problemas sociales más urgentes, tales como la satisfacción de las necesidades básicas de sus masas populares, la marginalidad urbana, la pobreza campesina, etc. Hoy se admite que la ciega importación de tecnología que ha tenido lugar en las últimas décadas no sólo ha sido cara en términos económicos sino también –y sobre todo– en términos sociales, políticos y culturales. En la mayor parte de los casos se ha tratado de tecnologías útiles para la producción de bienes y servicios destinados a las minorías de alto estándar de consumo y no para las necesidades de las mayorías.

Para superar esta situación se han propuesto muchas soluciones: desde la prohibición total de la importación de tecnología hasta la de tratar de importar aquellas tecnologías que estaban en uso en los países industrializados hace 50 años, en la esperanza de que ellas sean más convenientes que las actuales, ya que en esa época los países industrializados estaban en una situación similar a la actual de los países subdesarrollados. Estas soluciones no parecen facti-

bles ni convenientes. Lo más adecuado sería desarrollar una cierta capacidad local, que permitiese a los países alcanzar un grado de autonomía tecnológica compatible con sus recursos, y que los ayudase a reforzar su soberanía y su personalidad cultural. Esa cierta capacidad autónoma les permitiría elegir con mayor racionalidad las tecnologías más convenientes con respecto a factores y recursos, respetando al mismo tiempo las restricciones sociopolíticas impuestas por la sociedad. Se podría pasar así de la importación ciega a un método por el cual, para cada caso, se proveería una tecnología que sería en verdad un "mix tecnológico" entre tecnología importada y tecnología producida localmente. Este "mix" debiera ser entonces el "apropiado" a las circunstancias de cada problema; y la capacidad autónoma estaría definida entonces por la capacidad de lograr producir los "mix" más apropiados. Pero si se acepta que desarrollar dicha capacidad tecnológica autónoma debiera ser el objetivo de las políticas tecnológicas de los países del Tercer Mundo, entonces la empresa de tecnología sería un instrumento útil en dichos países ya que, por definición, su misión es la de "armar paquetes" específicos para cada cliente. En consecuencia, la empresa de tecnología podría ser el mecanismo más adecuado para producir los "mix" tecnológicos deseados. No debe olvidarse que la empresa es primero, y ante todo, un instrumento que hasta el presente ha sido preferentemente empleado para la producción de paquetes tecnológicos de ciertas características, pero que, con la misma eficiencia, podría ser utilizado para producir paquetes con otras características. De lo contrario, sería necesario diseñar otro instrumento capaz de cumplir satisfactoriamente esa función, lo que no parece de ninguna manera sencillo. En consecuencia, lo más urgente es organizar empresas de tecnología que tengan por objetivo la producción de los paquetes tecnológicos más apropiados para los países del Tercer Mundo, tarea que por supuesto debe estar a cargo de estos mismos países (véase el capítulo VII).

3. La fuerza de trabajo en las fábricas y empresas de tecnología

Generalmente la tecnología moderna es imaginada como un conjunto de complejos aparatos atendidos por personas de aspecto muy aséptico, gracias a sus guardapolvos blancos. Da la impresión, incluso, de que todo el misterio de su potencia reside en esos equipos e instrumentos. Pero ello no es así, como lo expresa muy gráficamente un aviso publicado en 1979 por la empresa Geigy, al señalar que el producto final –un nuevo producto farmacéutico– no es más que "la punta del iceberg":

> Todo lo que usted ve es una tableta, unos pocos centímetros cúbicos de un producto terminado. Lo que usted no ve son las incontables horas de esfuerzos concentrados, las miles de horas invertidas en investigación, el conocimiento de las diversas disciplinas científicas utilizadas, la experiencia de los médicos [. . .] con el apoyo continuo de servicios auxiliares de una organización internacional. Todo eso contribuye para obtener ese producto final, que es lo que usted está viendo.

El ejemplo ilustra no sólo la complejidad social de una innovación sino también el reconocimiento de que finalmente la producción de tecnología es el resultado del trabajo humano. Un aviso de la Phillips Petroleum publicado también en 1979 anuncia esa producción como una suerte de proceso mágico:

> El nombre del juego es magia petroquímica. El año pasado nuestros magos conjuraron 421 nuevas patentes, llevando nuestro total a la cifra de 6 146. Pero, por favor, no piensen que son químicos simples, ordinarios.

En resumen, son estos "magos" el componente más precioso en la producción de tecnología, no los edificios donde trabajan ni los instrumentos que emplean. Y no se trata solamente de lo que hay que gastar para poner a uno de ellos a producir (unos 200 mil dólares por año, según una

estimación para Estados Unidos), sino también de la experiencia que acumula a medida que produce y que lo va enriqueciendo incesantemente. Por una parte esa experiencia lo convierte en un productor más eficiente y, por otra, en un "activo" cada vez más valioso, sobre todo si la empresa que lo contrata lo perdiese, porque en ese caso dicho "activo" pasaría a producir en otra empresa. Por eso es muy corriente que en las empresas de tecnología se obligue a todo nuevo miembro del personal científico-técnico a firmar un contrato en el que explícitamente se le prohíbe llevar consigo, en caso de dejar la empresa, "conocimiento de la empresa", disposición que ha originado numerosos juicios. Lo cierto es que si bien la empresa puede tratar de impedir que un ex empleado se lleve "conocimiento", lo que no podrá en ningún caso es evitar que se lleve su propia capacidad individual, su estilo de pensar y la experiencia en investigación que obtuvo trabajando en un equipo. Kenneth Boulding (1971) lo ha expresado muy claramente: "El conocimiento que tiene capacidad de generar más conocimiento [. . .] es exclusivo [. . .] y se vuelve propiedad del individuo que lo posee."

Pero los talentos que se requieren en la producción de paquetes tecnológicos no son solamente científico-técnicos: como ya se ha dicho, los paquetes necesitan otros componentes. Por eso es útil pasar revista al conjunto de actividades que se realizan en una fábrica o empresa de tecnología, lista que permite explicitar ese conjunto de diferentes capacidades y conocimientos:

Por cierto que esta lista no es completa, sino indicativa, ya que incluye más actividades que las que realmente se cumplen en ciertas empresas y menos que las que se realizan en otras.

En consecuencia, las tareas a cargo de los integrantes de la fuerza de trabajo de una empresa de tecnología son muy variadas. En general los "científicos" son los que reciben el crédito mayor —en la opinión pública— como generadores de innovación. Si bien ello es cierto en muchos casos,

Actividades científico-técnicas	*Actividades económico-comerciales*	*Actividades de planificación*
Idea/invento	Reconocimiento de posibilidades comerciales	Previsión tecnológica
Investigación científica y técnica	Investigación económico-comercial	Previsión de negocios posibles
Búsqueda Dimensionamiento Diseño	Dimensionamiento	Definición de objetivos Formulación de presupuestos
Ingeniería	Especificaciones	Decisiones organizativas
Planta piloto	Primera etapa de la comercialización	Estrategias para distintos plazos
Interacción con producción	Desarrollo del mercado Desarrollo de producto	Estrategia de reclutamiento de personal a largo plazo
	Patentes/licencias	

en muchos otros son los "ingenieros" los que en verdad tienen la responsabilidad mayor. Como esto varía de un sector a otro, no es posible generalizar y posiblemente lo correcto sea decir que lo más importante no reside en las calificaciones profesionales sino fundamentalmente en la creatividad individual. Por eso mismo se está popularizando la tendencia a denominar "tecnólogos" a todos los que tienen responsabilidades en la producción de tecnología, cualquiera sea la función que realicen.

Nada ilustra mejor la amplia variedad de características que se exige a los tecnólogos que la lectura de los anuncios publicitarios de las empresas que solicitan ese personal, como lo muestra la siguiente selección de anuncios reales:

i) *Investigación teórica y experimental*

"Tenemos una vacante para un oficial de investigaciones [. . .] Hay necesidad urgente de desarrollar modelos teóricos para definir el proceso de corrosión y, al mismo tiempo, realizar trabajo experimental en transferencia térmica [. . .]"

"Se necesita un físico o ingeniero electrónico joven para realizar investigación en tecnología de películas delgadas. Hemos abierto nuevas e interesantes líneas de investigación [. . .] y estamos a la vanguardia en este tipo de investigación".

"Buscamos un científico joven para unirse a un grupo pequeño que realiza investigaciones exploratorias en nuevos productos [. . .] El candidato debe ser capaz de combinar imaginación innovativa con el rigor sistemático de un buen científico".

ii) *Desarrollo de procesos*

"Se busca un ingeniero bioquímico para investigación en el desarrollo de procesos en el campo de enzimas [. . .] El trabajo se realizará en una nueva planta piloto".

"Ingeniero industrial *senior* [. . .] para una posición interesante y desafiante [. . .] responsable por el mejoramiento continuo de métodos de producción y procesos

[. . .] en amplio rango de equipos electrónicos para comunicaciones".

"Necesitamos un ingeniero electrónico para dirigir el diseño y desarrollo de sistemas de computación [. . .]"

"Hay una vacante en el Grupo de Factores Humanos para estudiar las consecuencias de introducir en producción nuevas ayudas tecnológicas tales como computación en tiempo real y tácticas científicamente fundadas".

iii) *Desarrollo de aplicaciones*

"Se busca un ingeniero en sistemas de video para ayudar en el diseño de sistemas y la investigación de problemas que surgen durante el ensayo de sistemas [. . .]"

"Ingeniero *senior* en diseño mecánico para que, en equipo con otros tres ingenieros y asistido por dibujantes y modelistas [. . .] diseñe y evalúe el rendimiento de equipos livianos y complejos de alta velocidad [. . .]"

"Ingeniero en productos comerciales [. . .] para mejoramiento de productos con activo intercambio de información con los grupos productivos y de desarrollo de la compañía".

iv) *Desarrollo de producción y de mercadeo*

"*Manager* de producción [. . .] para unirse a nuestro equipo de *marketing* [. . .] deseable que tenga la experiencia de haber desarrollado un producto desde la etapa de investigación básica hasta su introducción en el mercado."

"Ingeniero de *marketing* en sistemas digitales para contribuir al crecimiento futuro de una compañía *leader* en control de procesos por instrumentación [. . .] El cargo incluye tareas de desarrollo de mercado, preparación de especificaciones, relaciones con la clientela, coordinación de contratos [. . .]"

v) *Propiedad industrial*

"Oficial de patentes [. . .] responsable de todos los pro-

blemas de propiedad industrial que se le presenten a la compañía [. . .]"

vi) *Estrategia tecnológica*

"*Manager* de planificación para la corporación [. . .] para ocuparse tanto de la estrategia comercial a largo plazo, incluyendo evaluación de productos, desarrollo y diversificación, como del seguimiento detallado de la producción corriente [. . .]"

"Científicos creativos [. . .] para integrar la unidad tecnológica de avanzada [. . .] para vigilar el desarrollo de la ciencia y la tecnología y evaluar sus efectos económicos futuros en la compañía [. . .]"

vii) *Dirección de investigaciones*

"Director de investigaciones en diseño estructural para ayudar a identificar necesidades de investigación, iniciar y dirigir nuevos proyectos y participar en la explotación de los resultados. Trabajará con otros cinco directores de investigación con experiencia en diversos campos y, junto con ellos, será responsable de establecer la conexión entre la investigación y la práctica."

Algunas de las características generales que se buscan en los miembros del personal de una empresa de tecnología son las siguientes:

a) Para los *managers*: la habilidad para comprender y controlar procesos sumamente complejos, que incluyen mucha gente muy diferente que proveen insumos también muy diversos.
b) Para los científicos e ingenieros: la habilidad para generar y/o reconocer novedades técnicas en campos que puedan ser de interés para la empresa.
c) Para la dirección general: la capacidad de definir una estrategia tecnológica apropiada a los objetivos de la empresa y a sus recursos.
d) Para todos los tecnólogos: la habilidad para contribuir

a una correcta evaluación técnico-económica de los proyectos propuestos, así como la habilidad para vender buenas ideas a la dirección general.

Debe reconocerse, sin embargo, que cualquiera sea la importancia relativa en el personal de una empresa de tecnología, quienes provienen de las ciencias suelen tener dificultades, en particular en aquellas instituciones donde, a causa de una mala definición de sus objetivos, se produce una confusión de papeles entre lo que los científicos creen que deben producir y lo que en verdad debieran producir. Ya nos hemos referido al problema de los institutos que se denominan de investigación cuando en realidad son –o debieran ser– fábricas o empresas de tecnología. Lo que ocurre es que las semejanzas entre esos institutos y lo que sería un verdadero laboratorio de investigaciones son muy grandes. En primer lugar, los elementos físicos son prácticamente los mismos: edificios semejantes, situados en paisajes parecidos, equipados con los mismos instrumentos, equipos y máquinas, y que utilizan los mismos servicios auxiliares (taller, biblioteca, consultores, etc.).

Esta semejanza es aún más importante con respecto al personal: en ambos tipos de institución se emplea a científicos y técnicos con similares antecedentes, graduados en las mismas universidades y que trabajan bajo la dirección de profesionales de alto nivel académico. Otras semejanzas existen también en los hábitos de trabajo, la distribución de tareas, la calificación del personal, e incluso en la jerga profesional y hasta el lenguaje corriente que emplean todos los días.

Todo esto, por supuesto, no es casualidad sino la consecuencia obvia de la forma en que han nacido y evolucionado las fábricas y empresas de tecnología, a partir de los laboratorios de R-D, y del hecho de que en ambas la producción está organizada alrededor de actividades de investigación realizadas por profesionales capacitados para ello.

Pero no debe olvidarse, como ya lo hemos dicho varias veces, que hay una diferencia fundamental: mientras que

en los laboratorios el conocimiento se busca por el conocimiento mismo (o por el prestigio y la gloria de los investigadores), en la fábrica y en la empresa de tecnología se lo busca para procesarlo y producir una mercancía, el paquete tecnológico.

Esta diferencia esencial en los objetivos se traduce en una diferencia también esencial en el código ético de los investigadores. Mientras que el científico en el laboratorio debe respetar celosamente dos mandamientos fundamentales –"no plagiarás" y "publicarás los resultados de tus investigaciones"– su contraparte en la fábrica de tecnología considera absolutamente natural apropiarse indiscretamente de los resultados obtenidos por otros, al mismo tiempo que trata de ocultar los suyos, y en consecuencia publica lo menos posible. En este sentido, Derek de Solla Price, señala que "la ciencia es papirocéntrica, mientras que la tecnología es papirofóbica". Lo que es sacrilegio para uno, es un hábito casi indispensable para el otro (véase Sabato, 1975).

Los científicos, ingenieros, técnicos y asistentes que trabajan en una fábrica o empresa de tecnología forman un grupo social que constituye un nuevo proletariado que, al igual que el proletariado tradicional, vende su fuerza de trabajo a alguien –un capitalista privado o el Estado– que lo emplea para producir mercancías. Han dejado de ser "artesanos individuales" para convertirse en "trabajadores bajo un mismo techo". Sin embargo, como el proceso es demasiado reciente –unas pocas décadas– todavía no han comprendido totalmente este cambio radical de status. Como ocurrió con los empleados ("trabajadores de cuello blanco") que durante mucho tiempo se rehusaron a aceptar –y en muchos países aún siguen en esa actitud– que eran tan proletarios como los "trabajadores de cuello azul", los científicos (¿habría que llamarlos "trabajadores de guardapolvos blanco"?) están aún lejos de aceptar que sus relaciones con los que compran su talento y su conocimiento no difieran esencialmente de las que mantienen los obreros (y también los empleados) con sus respectivos empleadores.

Por supuesto que hay diferencias externas muy notables, que resultan tanto de la importancia de la productividad individual en el proceso de producción de tecnología como del hecho de que esa producción está organizada de manera diferente a la de una fábrica tradicional (por ejemplo, no hay líneas de producción). Es justamente porque el éxito de una fábrica de tecnología depende tan fuertemente de la creatividad individual, que se la estimula y protege con extremo cuidado, como lo demuestra la atención que se le da a los edificios y paisajes que los rodean, a su equipamiento interno y a sus elevados estándares de confort (aire acondicionado, muebles funcionales, cantinas modernas, etc.). Por la misma razón, los nuevos "proletarios" reciben salarios más altos, mejores beneficios sociales y muchos otros incentivos morales y materiales.

Pero todo esto no debe hacer olvidar que, en lo esencial, funcionan como "obreros" y venden su fuerza de trabajo por un salario, con lo que –como ha señalado Daniel Hell (1970)– "la *intelligentsia* resulta cada vez más objeto de explotación, lo que hace recordar la explotación tradicional a la que el capital ha sometido a los obreros industriales". Explotación significa, en definitiva, la apropiación de la plusvalía producida por otro con su trabajo.

Un aspecto a destacar es que la producción de tecnología es realmente un "proceso social", ya que toda nueva tecnología utiliza, y en gran cantidad, conocimientos que "toma prestados" de numerosas fuentes anteriores y actuales. Cuando se produce un paquete tecnológico se realiza pues, dos apropiaciones:

a) De elementos que pertenecían al dominio público y que son "encapsulados" en una nueva mercancía.
b) De los avances reales producidos por el *staff* –y de los avances futuros que resulten de ellos– que integran un paquete que no pertenece a dicho *staff* sino al propietario de la fábrica o empresa de tecnología.

Para algunos marxistas –como Poulantzas (1971, p. 278)– los proletarios de una fábrica de tecnología no son

"auténticos proletarios" porque, según ellos, no producen –en forma directa– ni mercancías ni plusvalía. Prefieren calificarlos como "trabajadores no productivos", categoría resultante de la diferencia que Marx (1976, p. 1041) estableció –siguiendo a Adam Smith, que diferenció entre trabajo productivo e improductivo– entre quienes producen plusvalía ("el propósito inmediato y el producto auténtico del capitalismo") y quienes no la producen: Los primeros son productivos, mientras que los otros no lo son. Como lo dijo Marx (*op. cit.*, p. 1045):

> Es posible que un determinado trabajo sea realizado por un trabajador (por ejemplo, un sastre, un jardinero, etc.) al servicio de un capitalista industrial o directamente para el consumidor inmediato. En las dos situaciones él obtiene su salario de ese trabajo, pero en el primer caso es productivo, y en el segundo no lo es, porque entonces su trabajo es un factor en el proceso de autovaloración del capital.

Pero la distinción crucial es si el capital compra el trabajo humano para obtener así plusvalía: "una cantante es contratada por un empresario que la hace cantar para ganar dinero, y así se convierte en un trabajador productivo, ya que produce capital directamente" (*ibid*, p. 1044). Según este ejemplo, no habría duda de que un científico que trabaja en una fábrica de tecnología es un trabajador productivo, ya que se trata de un individuo empleado por el capital para producir plusvalía. Esto no debe quedar oculto por el hecho de que es posible que en dicho empleo obtenga altos salarios, ni tampoco por el hecho de que a veces pueda ser empleado como trabajador no productivo (en el lenguaje de Marx) para realizar en una universidad un trabajo virtualmente idéntico al que realiza "productivamente" en la fábrica, de modo análogo a lo que ocurre con el sastre o el jardinero en el ejemplo de Marx.

En realidad, Marx señaló que el intelectual que trabaja en una institución productora de conocimiento –que él llamó significativamente "institución que trafica con el conocimiento"– es un "trabajador productivo", pero ocurre

que como su contribución es pequeña (en cantidad) debiera ser considerada como "trabajo pagado pero que al mismo tiempo no es productivo" (*ibid*, p. 1044). Esta aclaración no sólo es contradictoria, sino que se ha vuelto totalmente falsa desde que la producción de tecnología se transformó en un proceso industrial y la contribución del conocimiento se convirtió en una de las más importantes en la creación de riqueza, como la ha señalado H. Braverman (1974):

> El proceso de producción ha dejado de ser un proceso de trabajo [. . .] Son ahora las capacidades productivas en general del hombre, su entendimiento de la naturaleza y su capacidad para controlarla y manejarla las que aparecen como las bases de la producción y la riqueza.

No cabe duda de que las fábricas y empresas de tecnología tienen un papel fundamental en la creación de riqueza y de que sus trabajadores son productores genuinos y fundamentales generadores de plusvalía (y en tal sentido, quizás sean actualmente los trabajadores más explotados). Jurgen Habermas (1969) ha hecho notar así esta situación:

> Calcular el capital invertido en R-D sobre la base del valor de la fuerza de trabajo no calificado (simple) no tiene ahora más sentido, cuando el progreso científico-técnico se ha convertido en una fuente de plusvalía independiente, frente a la única fuente de plusvalía que Marx había tomado en consideración, que era la que resultaba del productor inmediato, que tiene cada vez menos importancia.

Por razones similares,. R. Richta (1969) y sus colegas –todos marxistas checoeslovacos– proponen que la división entre trabajo productivo y no productivo es inadecuada y que debiera ser eliminada. Pero son pocos los marxistas dispuestos a ir contra el "dogma establecido" y aceptar, entre otras cosas, que estos nuevos proletarios son responsables de la producción de una fracción muy importante de la riqueza creada. Es el caso, incluso, de un documento tan completo como el citado libro de Braverman (*Labor and*

Monopoly Capital), en donde, pese a un examen muy detallado de los cambios tecnológicos, el papel de los investigadores científicos y técnicos es tratado superficialmente.

Como ocurrió cuando los artesanos se convirtieron en obreros, la transformación de los científicos en "obreros productivos" es un proceso muy complejo, pleno de conflictos difíciles y, a veces, penosos. Hay, por supuesto, el conflicto individual que se produce cuando un científico tiene que renunciar a su libertad e independencia para someterse a una disciplina impuesta; pero hay también los conflictos colectivos –típicamente clasistas– conectados con mejoras salariales y de condiciones de trabajo y que se traducen en acciones similares a las que realizan los obreros (organización de sindicatos, protestas colectivas, paros y huelgas, participación en movimientos políticos, etc.). Hasta hace poco, tales episodios eran muy poco frecuentes porque los científicos mantenían un espléndido aislamiento, muy semejante al que caracterizó a los artesanos durante muchos años. Esa situación que llegó a ser desesperada e infructuosamente defendida, se ha venido modificando en los últimos tiempos, como lo documenta un reciente comentario de Brooks, publicado en *New Scientist* (1967):

> Con el crecimiento y racionalización, en los últimos 30 años, de la industria intensiva en investigación, los investigadores científico-técnicos advierten que cada día se los trata más como empleados comunes [. . .] En realidad se los trata peor que a estos últimos [. . .] porque no han logrado condiciones de negociación colectiva y porque los patrones saben cómo actuar sobre sus conciencias profesionales y de esa manera logran hablar más en términos de satisfacciones que de dinero.

4. Organización

Toda empresa de tecnología debe estar organizada de manera de poder enfrentar eficientemente dos clases de problemas:

i) Los problemas externos, que resultan de la comercialización, el financiamiento, la propiedad industrial, los impuestos, la importación y exportación, los contratos con los proveedores y los clientes, etcétera.
ii) Los problemas internos, relacionados con la producción y la productividad, costos, precios, salarios, beneficios sociales, contratación y entrenamiento personal, protección de la información sobre la cual la empresa reclama derechos de propiedad, relaciones entre las distintas secciones de la empresa, etcétera.

En consecuencia, las funciones que debe realizar la dirección de la empresa de tecnología son las siguientes:

- Establecer objetivos bien definidos para la empresa.
- Definir la "canasta" de paquetes tecnológicos que va a producir y comercializar, así como la forma en que será producida y comercializada, a quién y en qué condiciones generales. En otras palabras, definir "el alcance del negocio".
- Definir el conjunto de las principales actividades que realizará la empresa: investigación, desarrollo, ingeniería básica, ingeniería de detalle, servicios, control de calidad, exportación e importación, alquiler, registro, etcétera.
- Establecer los principios generales de organización (por sector o por disciplina, por productos o por procesos, etc.).
- Establecer los mecanismos para la selección y evaluación de los proyectos que va a desarrollar la empresa.
- Definir el organigrama de la empresa y seleccionar el personal superior.
- Establecer los procedimientos para el control de los proyectos en marcha y para evaluar la actividad de la empresa en su conjunto.

Pero el problema central de la dirección de una empresa de tecnología es cómo obtener el máximo de la única fuente real de creatividad –su personal– y por lo tanto buscar

la mejor solución para el dilema crucial entre libertad y disciplina. Es por eso que el gran debate en relación con la dirección de estas empresas se centra alrededor de cuánta libertad debe darse a la tarea de R-D. Las dos posiciones clásicas en este debate pueden ser presentadas por las dos citas siguientes:

> La persona más indicada para decidir qué trabajo de investigación hay que hacer es el propio investigador. Le sigue el director del departamento. Después de ellos, se abandona el terreno de "lo mejor" para entrar decididamente en el de "lo peor": en primer lugar, el director de investigaciones, que probablemente se equivoque la mitad de las veces. Luego, un comité de investigaciones, que se equivoca la mayoría de las veces. Finalmente, el comité de los vicepresidentes de la compañía, que se equivoca siempre. (C.E.K. Kees, Vicepresidente a cargo de investigación en la Eastman Kodak Company, citado en *Le Progrès Scientifique*, 1969)

> El personal de investigación debe identificarse con los objetivos de aumentar las ganancias y de derrotar a la competencia. Aquí no hay lugar para etéreas ideas sobre la pureza de la ciencia y la necesidad de mantenerla aislada del mercado. (Sir Alastair Pilkington, Director, Pilkington Bros. Ltd.)

Pero este crudo choque de posiciones extremas produce mucho más calor y ruido que la necesaria luz para iluminar un problema complejo. Probablemente sea razonable suponer que:

i) La generación de las ideas se ve muy favorecida por una atmósfera libre, mientras que la realización de las ideas generalmente requiere una dirección más firme.
ii) La evaluación de ideas y proyectos se vuelve más formal y severa a medida que asciende la inversión estimada para realizarlos.
iii) Es más probable que exista cooperación y buena intercomunicación en una atmósfera flexible que en una más rígida.
iv) La innovación generalmente requiere trabajo en equipo, para lo cual puede ser necesario reunir a especialis-

tas no sólo de distintas disciplinas sino también de distintos departamentos. Es muy conveniente diseñar arreglos institucionales y establecer sistemas adecuados y a la vez flexibles, ya que frecuentemente se hace necesario modificarlos.

Se puede esperar que una inteligente combinación de estos cuatro elementos permita llegar a una adecuada solución del dilema entre libertad y disciplina. Se trata, naturalmente, de un conflicto que se plantea de modo específico en cada empresa y aun en cada departamento dentro de la misma empresa, ya que la solución dependerá de las personas involucradas.

Duncan Davies, de Imperial Chemical Industries, ha sintetizado muy adecuadamente el alcance del debate, las dificultades para resolverlo de una vez para siempre y la necesidad de diseñar soluciones prácticas:

> Debe [...] admitirse [...] que muchos de los más capacitados en la investigación científica imaginativa tienen poca capacidad en sociología o simplemente no les interesa. Además, si el estudio de los asuntos sociales reduce su eficiencia científica, es preferible que otros lo ayuden a definir sus objetivos y sobre todo a explotar sus resultados. Sin embargo, tenemos la impresión de que la gente con gran capacidad inventiva no pierde eficiencia por prestar alguna atención al ambiente que lo rodea [...] Por eso parece razonable tratar de desarrollar, con suavidad, lo que podríamos denominar "asesores inventivos" que, aunque no hagan otra cosa, serán muy útiles ayudando en la orientación y utilización de los resultados de la inventiva de sus colegas más especializados [...] La innovación es una planta muy delicada y quienes quieran cultivarla tendrán que hacerlo con mucho cuidado, y especialmente, no arrancándola de raíz para ver cómo va creciendo.

Merece también citarse la propuesta de Lord Rostchild, consistente en reservar un 10% de todo presupuesto para que los investigadores puedan explorar ideas nuevas, mientras el resto se aplica a producir los paquetes que han sido proyectados.

Después de todo lo que acabamos de decir, es obvio que no existe ninguna receta mágica para resolver el dilema or-

ganizativo, pero una recomendación general podría ser la de asegurar que la organización jerárquica interna tenga el menor número de niveles posibles para que la comunicación entre el escalón más alto –la dirección– y el más bajo –que corresponde a los investigadores más jóvenes y, especialmente, más creativos– sea lo más fluida posible.

En todo caso, la organización de una empresa o fábrica de tecnología exige una dirección muy competente. Como dice Harvey Brooks, "tiene que ser una persona con un pie en la administración y un pie en la ciencia, capaz de vincular debidamente el mundo de la ciencia con el mundo de la sociedad". De todos modos, siempre estará en una posición muy difícil, ya que será juzgado desde dos puntos de vista altamente incompatibles: desde el punto de vista de la administración, será la persona responsable de poner la tecnología al servicio de la firma, y desde el punto de vista de los científicos, será el campeón del sistema de valores científicos frente a la corporación.

Otro aspecto de importancia es la localización geográfica de la empresa, como lo demuestran dos célebres ooncentraciones de empresas de tecnología en Estados Unidos: una está situada en los alrededores de Boston, en la famosa ruta 128, y otra en California, entre la Bahía de San Fancisco y el Valle de Silicio. Este fenómeno de concentración científico-tecnológica, que hace recordar la concentración industrial que se produjo en el Valle del Ruhr, en Alemania, y alrededor de Pittsburgh, en Estados Unidos, se originó en forma bastante espontánea, pero ahora se trata de promoverla conscientemente mediante la formación de los llamados parques tecnológicos, en la forma en que se hizo décadas atrás con los parques industriales. Dos ejemplos son el Nashua Technology Park y el Wathman Research and Development Park, ambos en el estado de Massachusetts.

Un estudio cuidadoso de esta nueva concentración demuestra que responde a la acción de tres factores, que han sido denominados flujo de información, flujo de "energía" y red de comunicaciones. El primero proviene de las diversas universidades y centros de investigación existentes en

la región. El flujo de "energía" consiste en la fácil disponibilidad de capital de riesgo más el apoyo generoso de agencias gubernamentales y de fundaciones privadas, junto con la existencia de un ambiente propicio para este nuevo tipo de negocios a nivel de los empresarios. Finalmente, la red de comunicaciones reside en que el personal de las empresas de tecnología proviene de universidades, centros de investigación, agencias de gobierno, etc., y hacia ellos suele volver cuando deja su empleo en las empresas de tecnología. La comunicación se establece así a través de canales informales, que son mucho más eficaces que los formales. La posibilidad de que un tecnólogo de una empresa obtenga una información simplemente hablando por teléfono a un colega que está en otra empresa, o en la universidad en que ambos se graduaron, o en la agencia gubernamental que podría proveer los fondos para su trabajo, etc., tiene un valor económico simplemente incalculable, pero que en todo caso supera en mucho al que podría obtenerse mediante cualquier comunicación más organizada y formal.

V. El negocio de la tecnología

Nuestra mercancía tecnológica no nos viene del cielo.
MICHAEL BLUMENTHAL
(exsecretario del Tesoro
de los Estados Unidos de Norteamérica)

En los capítulos anteriores hemos tratado de demostrar que la producción de tecnología es una actividad económica, un verdadero *negocio*, en todo el significado de la palabra. Como tal, es posible describirlo en términos económicos y mediante cifras contables, como inversiones, costos, flujo de caja, ganancias, impuestos, etc. Pero a pesar de su gran importancia, es muy difícil obtener dichas cifras con un grado razonable de exactitud. Ello se debe a varias razones:

a) Porque muchas veces la tecnología no se comercia como un ítem económico independiente, sino *incorporada* a productos –sea en bienes de capital o en bienes de consumo– y, por lo tanto, sus datos económicos propios están incorporados a los de dichos productos.
b) Cuando la tecnología se vende como un ítem separado (desincorporada) –como ocurre en los contratos de *know-how*, por ejemplo– el precio total que se paga por ella no es fácil de estimar, particularmente para el comprador. Esto se debe, sobre todo, a que hay costos que no se pueden

conocer en el momento de la compra, tales como eventuales modificaciones mayores y menores que suelen presentarse normalmente durante la ejecución del contrato, la utilización de servicios técnicos que pueden necesitarse más adelante en apoyo del mismo, cambios en los impuestos, etcétera.

c) Cuando se obtiene la tecnología por licencia hay otros costos, además de las regalías definidas en el contrato de licencia, tales como los que resultan de la obligación, para el comprador de adquirir productos intermedios de un determinado proveedor, generalmente ligado comercialmente al vendedor, práctica que, como lo ha demostrado exhaustivamente C. Vaitsos (1974), generalmente se realiza a precios superiores a los normales de plaza.

d) Las disposiciones sobre impuestos con referencia a actividades tales como los gastos en R-D, las inversiones en bienes de capital, la promoción de la innovación técnica, la exportación de bienes con alto contenido tecnológico, etc., son muy complejos y varían de un país a otro. Las ET son particularmente competentes en utilizar dichas regulaciones en su propio beneficio, tanto en su país sede como en aquellos donde tienen filiales. De esta manera, disimulan las verdaderas dimensiones de su negocio tecnológico.

e) También en el caso de las ET, el hecho de que sus mejores clientes tecnológicos sean ellas mismas (venden tecnología a sus subsidiarias como si fueran compañías independientes) hace imposible desentrañar los distintos elementos de ese negocio. La tecnología tiene un papel fundamental en la "transferencia de precios", en la declaración de ganancias, en la remisión de impuestos y, por lo tanto, su "precio estratégico" puede ser mucho mayor que su "precio comercial".

f) Es también muy difícil estimar los costos reales de la producción de tecnología, particularmente de cada uno de los elementos utilizados en la producción de un paquete tecnológico desde, por ejemplo, un trabajo de investigación básica a un acto de espionaje industrial.

En razón de estas complejas dificultades para obtener

cifras reales del negocio tecnológico, se ha vuelto una práctica corriente evaluar la magnitud global de dicho negocio mediante las cifras correspondientes a las actividades de R-D, que si bien *no* lo miden, permiten al menos apreciar su dimensión y establecer algunas comparaciones significativas. Lamentablemente, sin embargo, tampoco esas cifras están exentas de ambigüedad. Conviene recordar, a este respecto, que ni siquiera hay un acuerdo unánime sobre la definición de las actividades de R-D y que las variaciones entre una definición y otra son considerables. Así, por ejemplo, la definición del U. S. Financial Accounting Standard Board, empleada para el pago de los impuestos, es la siguiente:

> Son gastos de R-D los realizados para cualquier actividad que conduzca a un nuevo conocimiento técnico o al desarrollo de nuevos productos y procesos. [Luego establece que *no* deben considerarse gastos de R-D] los realizados por contratos para terceros, tales como el Gobierno Federal, [. . .] la investigación de mercado [. . .] los costos de ingeniería incluidos los de prueba de producción, etcétera.

Se trata, como puede advertirse, de una definición bastante restringida de R-D; hay otras mucho más amplias, de modo que con mucha frecuencia las cifras sobre R-D corresponden a actividades diferentes.

Por otra parte, aun para una misma institución, el R-D puede tener distintos alcances. Ello se observa, por ejemplo, al analizar el R-D financiado por el gobierno y el R-D financiado por la industria. Esta dificultad puede apreciarse claramente en el informe sobre R-D publicado en 1979 por la American Association for the Advancement of Science (AAAS):

> La industria tiene a su cargo una parte muy importante del R-D financiado por el Gobierno Federal (el 49% del total). Desarrolla sistemas de armas, tecnología energética, nuevas medicinas, equipos para la investigación espacial; realiza R-D aplicado a nuevas tecnologías, nuevos equipos y nuevos instru-

mentos; construye plantas experimentales y de demostración, y laboratorios de investigación; realiza un enorme volumen de estudios teóricos sobre nuevas opciones para diseño [. . .] La industria también realiza investigación básica financiada por el gobierno, aunque en pequeña escala: menos del 2% de todo el R-D gubernamental es realizado por la industria y menos del 6% de toda la investigación básica está financiada por el gobierno. El R-D financiado por la industria misma tiene una naturaleza bastante diferente. Muy pocas compañías tienen programas de ciencia básica, y estos programas están muy tenuemente ligados a sus intereses comerciales corrientes [. . .] Una parte significativa del R-D en la industria, quizás del orden del 20% del total, está dirigida al desarrollo de nuevos productos o al mejoramiento de procesos de producción [. . .] La mayor parte del R-D financiado por la industria está destinado al diseño y desarrollo real de los productos a ser vendidos [. . .] La ingeniería de los cambios de diseño y estilo de los nuevos modelos de automóviles que aparecen cada año absorbe la mayor parte de los tres billones de dólares anuales que la industria automotriz gasta anualmente en R-D [. . .]
¿Esto es realmente R-D? Desde la perspectiva de la investigación académica básica, la respuesta es un no casi despreciativo. Sin embargo, desde la perspectiva más amplia del R-D, como vehículo de innovaciones y de beneficios económicos, la respuesta tendría que ser, al menos, "tal vez". Y desde el punto de vista del modelo del paquete tecnológico, la respuesta sería un rotundo "sí". (J.A.S. y M.M.)

A pesar de todas esas ambigüedades y aun de su escasa coherencia, las cifras sobre actividades en R-D son quizá los únicos indicadores disponibles para algunos estudios comparativos. Es con expreso reconocimiento de dichas limitaciones que las presentaremos a continuación.

1. El tamaño del negocio

Los datos referentes a las actividades de R-D —a nivel nacional, industrial y de empresas— sirven esencialmente para dos fines. En primer lugar, como una indicación del volumen de esta actividad y, por lo tanto, de su significación económica relativa. En segundo lugar, porque indican las tendencias, transformaciones y fluctuaciones que ocu-

ren en ella. Suele ocurrir que ciertos cambios en la inversión en R-D son interpretados como una señal de que su importancia está decreciendo, como si su papel en el escenario económico fuera transitorio (*Business Week*, 3 de julio de 1978, pp. 46-54). Sin embargo, tales afirmaciones no pueden sostenerse si se las analiza en el contexto de la evolución general del R-D y de su peso económico permanente.

En el nivel macroeconómico, los datos referentes a R-D empezaron a registrarse consistentemente durante la década del 60. En 1966-1967, los países del mundo capitalista invirtieron un total de 35 mil millones de dólares en R-D, de los cuales casi 24 mil millones (67,5%) fueron gastados por Estados Unidos; 2 mil millones y medio (7,1%) por el Reino Unido; idéntica cantidad por Francia; poco más de 2 mil millones (6%) por Alemania y casi 2 mil millones (5,5%) por Japón. Estas cifras corresponden a la clasificación más amplia de R-D (incluyen investigación básica e investigación aplicada y desarrollo) y comprenden los gastos realizados por el gobierno, la industria, las universidades, otras instituciones, etcétera.

Adviértase, en primer lugar, el volumen realmente gigantesco de estas cifras, que permiten al menos imaginar el tamaño del negocio tecnológico. En segundo lugar, la elevada proporción que corresponde a Estados Unidos aunque, al respecto, hay que tener en cuenta que los mayores costos en personal y material de R-D realizado en ese país hace que dicha cifra deba ser deflacionada: el poder de compra comparativo de los 24 mil millones estaría realmente en el orden de los 12 mil millones (Freeman, 1965). Pero, aún así, Estados Unidos estaba en 1966-1967 muy por delante de sus competidores. Por cierto que esta situación tiene mucho que ver con los gastos estadounidenses en defensa y en los programas espaciales, que superaban en mucho a los similares de los países europeos y Japón.

Entre 1968 y 1974, el patrón de gastos en R-D para Estados Unidos fue similar al que existía desde 1955, pero se registraron algunas modificaciones significativas (véase la

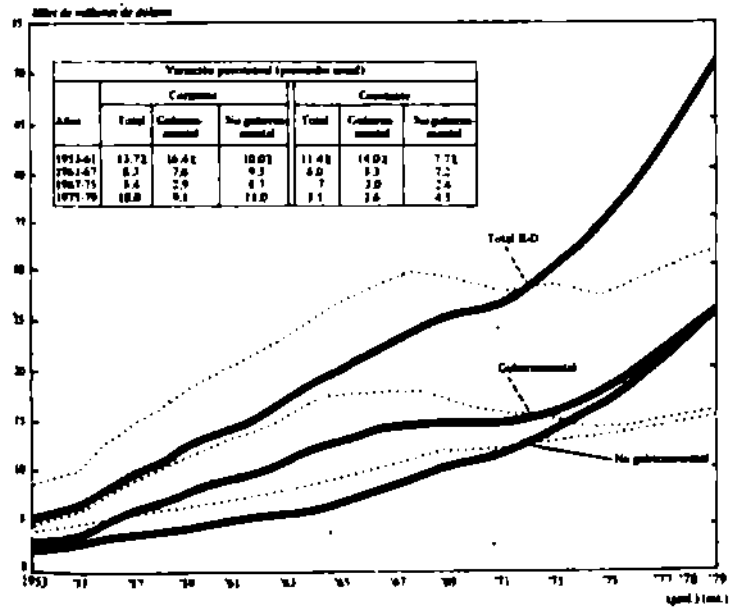
gráfica 1). Si bien el total de gastos, en dólares corrientes, aumentó en una tasa similar a la de 1967, en dólares constantes no varió entre 1968 y 1976, por lo que los 32 mil millones gastados en 1976 fueron equivalentes a los 24 mil millones de 1967. En este período hubo una declinación en la tasa de aumento de los gastos gubernamentales, compensada parcialmente por los gastos realizados por la industria: entre 1967 y 1974 los gastos en R-D para defensa e investigaciones espaciales decrecieron del 68,2% del total al 37,9%, y hubo un aumento equivalente en el R-D realizado en otras áreas.

En el período 1974-79 los gastos totales en R-D en Estados Unidos volvieron a aumentar regularmente en dólares constantes. El incremento ocurrió en materia de inversiones gubernamentales y, sobre todo, de inversiones industriales. Por ejemplo, las compañías incluidas en la encuesta anual que sobre R-D realiza la revista *Business Week* aumentaron sus gastos en 16,4% en 1978 y en 18,9% en 1979. En este último año, y por primera vez desde que se publican cifras sobre R-D en Estados Unidos, los gastos no gubernamentales prácticamente igualaron a los gubernamentales, situación muy diferente a la que, por ejemplo, existía en 1964, cuando la inversión gubernamental duplicaba a la de la industria privada. Puede verse entonces que la tendencia en los últimos 16 años ha sido la declinación en los gastos gubernamentales en R-D para defensa y los llamados "proyectos de prestigio" y un aumento constante de los gastos en R-D para actividades de mayor significación económica.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en Estados Unidos una parte importante del R-D realizado por la industria es financiado por el gobierno. Así, por ejemplo, en 1975, de los 23 mil millones y medio de dólares gastados por la industria en R-D, sólo 14 mil millones y medio fueron pagados por la propia industria, mientras que el resto provino del gobierno. Esto es muy diferente a lo que ocurre, por ejemplo, en el Japón, donde de los 5 mil 630

GRAFICA 1

Estados Unidos: tendencia de los gastos nacionales en I+D (1953-1979)



Dólares corrientes

Dólares constantes (1972), con base en el deflactor de los precios implícitos del Producto Nacional Bruto

FUENTE: National Science Foundation.

millones de dólares gastados en R-D realizado por la industria, 5 mil 530 millones los pagó esta misma, y sólo 10 millones fueron pagados por el gobierno (véase el cuadro 3).

En los cuadros 4 y 5 puede verse el importante aumento en la contribución de la industria, tanto a la financiación como a la realización del R-D en Estados Unidos en el período 1967-1979. En 1967 la industria invirtió de sus propios fondos 10 mil 300 millones de dólares (dólares de 1972) y en 1979, 14 mil 700 millones de dólares (también dólares de 1972), es decir, un 50% más en dólares constantes y un 300% más en dólares corrientes. En cuanto a la realización de R-D en 1967, lo hizo por valor de 20 mil 700 millones de dólares (de 1972) y en 1979 por valor de 22 mil 600 millones de dólares (de 1972), aumento significativo si se tiene en cuenta que en el mismo período el gobierno realizó R-D por valor de 4 mil 300 millones de dólares (de 1972) en 1967 y 4 mil 400 millones de dólares (de 1972) en 1979.

Con referencia a los gastos en R-D en las distintas industrias de un mismo país, las variaciones son enormes (véase el cuadro 6). El cuadro 7 muestra los gastos en R-D por actividad y según el origen de los fondos, de acuerdo con los criterios utilizados por la American Association for the Advancement of Science. Para la industria aeroespacial y para la industria electrónica, los gastos en R-D dependen en gran medida de los contratos gubernamentales para defensa. Así, por ejemplo, en 1976 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos gastó 19 mil 900 millones de dólares en R-D, de los cuales 9 mil millones fueron a la industria privada. Algo semejante ocurre en Gran Bretaña, donde, por ejemplo, en 1968 el gobierno gastó en la industria privada el 90% de los 200 millones de libras que invirtió en investigaciones de defensa.

Por consiguiente, en estas industrias la competencia en el negocio tecnológico es más importante en relación con los contratos gubernamentales que con los mercados comerciales corrientes.

La industria de semiconductores es considerada la más

CUADRO 3
Total de gastos nacionales y del sector privado en R-D en diversos países de la OCDE (1975)

(en miles de millones de dólares)

País	Total nacional	R-D realizado por el sector privado			
		Fondos gobierno	Fondos empresas	Otros fondos	Total
Canadá (1975-76)	1,76	0,08	0,58	0,04	0,70
Dinamarca	0,40	0,01	0,15	+	0,16
Finlandia	0,23	0,01	0,12	+	0,13
Francia	5,99	0,93	2,51	0,20	3,64
Alemania Federal	8,85	1,05	4,63	0,20	5,88
Irlanda	0,06	+	0,02	+	0,02
Japón (1975-76)	8,77	0,10	5,53	+	5,63
Noruega (1974)	0,26	0,03	0,10	+	0,13
Suecia	1,22	0,13	0,68	0,02	0,83
Suiza	1,20	0,01	0,90	—	0,91
Estados Unidos	34,59	8,76	14,78	—	23,54
TOTAL (de estos 11 países)	63,33	11,11	30,00	0,46	41,57

Nota: Salvo en los casos en que se indica otro período, los datos corresponden a 1975. No hay información sobre el Reino Unido, Italia y los Países Bajos.

FUENTE: AAAS (1979).

prolífica en la generación de nuevos productos, lo que lleva a una situación de gran competencia entre las empresas. Se considera que toda empresa que desee seguir en el mercado tiene que invertir en R-D; como mínimo, el 8,8% del volumen total de ventas. La industria farmacéutica, cuya situación es análoga, continúa siendo la industria más intensiva en R-D.

En los últimos años se aprobaron en Estados Unidos nuevas regulaciones gubernamentales en relación con la protección ecológica, que incluyen normas más estrictas en la producción y consumo de productos farmacéuticos. Estas disposiciones tuvieron una considerable repercusión

CUADRO 4

Estados Unidos: fondos nacionales para R-D, por fuente
(en miles de millones de dólares)

	1967	1972	1978	1979
Dólares corrientes				
Gobierno	14,4	15,7	23,8	25,8
Industria	8,1	11,7	21,5	23,4
Universidades y colegios	0,3	0,6	1,0	1,1
Otras instituciones no lucrativas	0,3	0,4	0,7	0,8
TOTAL	23,1	28,4	47,0	51,0
Dólares constantes (1972)				
Gobierno	18,2	15,7	15,9	16,2
Industria	10,3	11,7	14,3	14,7
Universidades y colegios	0,4	0,6	0,7	0,7
Otras instituciones no lucrativas	0,3	0,4	0,5	0,5
TOTAL	29,3	28,4	31,3	32,0

Nota: Las cifras de 1978 y 1979 han sido estimadas.
FUENTE: A. A. A. S. (1979).

en los gastos en R-D en las industrias farmacéutica, química y automotriz. Por ejemplo, se afirma que en los últimos ocho años los esfuerzos en R-D de la industria química dirigidos a satisfacer esas regulaciones gubernamentales han aumentado entre ocho y diez veces. En el caso de la General Electric, este tipo de R-D defensivo consume el 12% de su presupuesto anual en R-D. En la industria automotriz, la Ford sostiene que el 63% de sus 747,6 millones de dólares gastados en R-D (la tercera cifra en Estados Unidos en 1975) se empleó en R-D orientado a satisfacer las nuevas regulaciones. Por eso es que L. Yacoca, de la Chrysler Corporation, ha dicho brutalmente: "Ahora ya no invento nada. Todo lo que hago es satisfacer una ley".

En el otro extremo de la escala de las inversiones en R-D en Estados Unidos se ubican la industria del acero y la de la alimentación, cuyos gastos ascendieron en 1979, respec-

CUADRO 5

Estados Unidos: fondos nacionales para R-D, por realizador

(en miles de millones de dólares)

	1967	1972	1978	1979
Dólares corrientes				
Gobierno	3,4	4,5	6,6	7,0
Industria	16,4	19,5	32,8	35,9
Universidades y colegios	1,9	2,7	4,6	5,0
Centros gubernamentales de R-D administrados por universidades	0,7	0,8	1,6	1,6
Otras instituciones no lucrativas	0,8	1,0	1,5	1,6
TOTAL	23,1	28,4	47,0	51,0
Dólares constantes (1972)				
Gobierno	4,3	4,5	4,4	4,4
Industria	20,7	19,5	21,9	22,6
Universidades y colegios	2,4	2,7	3,0	3,1
Centros gubernamentales de R-D administrados por universidades	0,9	0,8	1,0	1,0
Otras instituciones no lucrativas	1,0	1,0	1,0	1,0
TOTAL	29,3	28,4	31,3	32,0

Nota: Las cifras de 1978 y 1979 han sido estimadas.
FUENTE: A. A. A. S. (1979).

tivamente, a 0,6% y 0,5% de sus volúmenes de ventas. No debe extrañar, entonces, que los principales avances tecnológicos de las últimas décadas en la industria del acero (fundición continua, deshidrogenación bajo vacío, proceso LD) *no* fueran producidos por la industria norteamericana. En 1975 un alto ejecutivo de la U. S. Steel decía que "investigación futurista es el tipo de actividad que debieran realizar quienes utilizan nuestros productos" (*Business Week*, 28 de junio de 1976, pp. 62-64). Y en 1979 otro ejecutivo de la misma empresa comprendía más claramente lo que estaba ocurriendo, al afirmar: "la investigación

fundamental no se hace de un día para el otro. Nos esta faltando la investigación básica necesaria para atacar nuestros problemas" (*Business Week*, 2 de julio de 1979, p. 53).

Otras industrias, como la del petróleo, han reducido sus gastos en R-D en los últimos 20 años, luego del intenso esfuerzo que realizaron en la década del 50 en relación con el *cracking* catalítico. Se sostiene ahora que la industria petrolera ha alcanzado "un alto grado de madurez tecnológica en producción, transporte, refinación" (*Business Week*, 28 de junio de 1976, pp. 62-84). Sin embargo, continúa invirtiendo fuertemente en otras áreas de su negocio, como la petroquímica.

La investigación básica se realiza casi exclusivamente en universidades e instituciones gubernamentales, pero, al menos en Estados Unidos, ciertas industrias –incluyendo algunas tradicionales– también la desarrollan, especialmente para poder realizar planeamiento a largo plazo. Por ejemplo, en la industria de la construcción se ha afirmado que "habrá buenos negocios para nosotros hacia 1990 o 2000 [. . .] en el campo de la agricultura" (*Business Week, ibidem*). En la industria automotriz la investigación básica se realiza para saber "qué regulaciones y problemas tendremos que afrontar en 1993" (*Business Week, ibidem*).

El III Informe de la AAAS (1979) afirma que:

> Algunas empresas –como General Electric, AT & T, IBM y muchas más pequeñas, pero grandes usuarias de tecnología– comprenden plenamente la importancia y el valor para sus compañías de la investigación básica y consiguientemente la apoyan en diverso grado. Los administradores de muchas compañías con más visión, reconocen que la vitalidad de su R-D orientado al desarrollo de productos depende, en gran medida, de la calidad e imaginación de su personal técnico, que a su vez depende de asegurar su comunicación permanente con los avances que en investigación básica se registran en sus respectivas especialidades técnicas. Hay quienes sostienen que la única comunicación efectiva es la participación directa en la propia investigación básica. Sin embargo, la opinión más difundida –sobre todo entre los más altos ejecutivos de las empresas– es que si bien la investigación básica es buena y necesaria, no es

CUADRO 6

Estados Unidos: gastos de la industria en R-D, por sector económico* (1975 y 1976)

(en millones de dólares)

Sector	1976	Variación porcentual respecto a 1975
Aeroespacial	885	+11,0
Electrodomésticos	77	+ 5,8
Automotriz	2 942	+17,8
Materiales de construcción	173	+ 3,4
Productos químicos	1 439	+ 8,8
Conglomerados	582	+15,5
Contenedores	130	+ 9,8
Productos farmacéuticos	1 292	+10,8
Eléctrica y electrónica	1 400	+13,1
Alimentos y bebidas	302	+17,3
Maquinaria general	338	+12,3
Instrumental	828	+11,8
Entretenimientos	118	+43,6
Metales y minería	157	+ 4,3
Manufacturas diversas	521	+16,3
Recursos naturales	753	+ 7,5
Equipos de oficina y computación	1 978	+ 7,8
Servicio y suministro de combustible	133	+19,5
Papel	112	+ 9,3
Productos para el aseo personal	274	+11,6
Servicios varios	96	+16,4
Maquinaria especializada	445	+12,4
Acero	124	+20,3
Telecomunicaciones	775	+ 5,5
Textil y vestimenta	24	+11,2
Caucho y neumáticos	307	− 3,2
Tabaco	19	+ 2,0
TOTAL	16 225	+11,6

*Según la clasificación sectorial de *Business Week*.
FUENTE: AAAS (1979).

CUADRO 7

Estados Unidos: investigación aplicada y desarrollo de productos en la industria, por tipo de productos y origen de los fondos (1975)

(en millones de dólares)

Producto	Total	Gubernamental	Empresarial
Proyectiles dirigidos y naves espaciales	2 918	2 559	359
Alimentos y productos conexos	292	1	291
Químicos (excepto farmacéuticos y medicamentos)	1 703	23	1 680
Farmacéuticos y medicamentos	760	11	749
Extracción y refinación de petróleo	412	7	405
Caucho y plásticos diversos	349	2	347
Productos de piedra, arcilla y vidrio	164	1	163
Productos de metales básicos	302	10	292
Productos de metales industrializados	971	473	498
Maquinaria	2 730	200	2 530
Equipo de oficina, computación y máquinas de contabilidad	(1 412)	(125)	(1 287)
Equipos eléctricos (excepto comunicaciones)	887	189	698
Equipos de comunicaciones y sus componentes electrónicos	3 976	1 977	1 999
Vehículos automotores y otros equipos de transporte	n.d.	n.d.	n.d.
Aeronaves y sus componentes	2 292	1 593	699
Instrumental profesional y científico	—	299	854
No clasificados	2 017	1 080	954

FUENTE: AAAS (1979).

> realmente una actividad que pueda realizarse en la industria [. . .] Desde finales de la década del 60 hasta mediados de la del 70, la industria ha eliminado sustancialmente la investigación básica por ella misma realizada, pero al mismo tiempo ha aumentado su apoyo a la investigación básica que realizan las universidades. Y es así que, desde 1967, el porcentaje de esta clase de investigación que cuenta con financiación de la industria ha aumentado el 50%.

El cuadro 8 presenta los datos más importantes sobre la investigación básica realizada por la industria en Estados Unidos.

El laboratorio industrial de R-D más famoso en el mundo entero es, probablemente, el Bell Laboratory, de la AT&T, que "ha contribuido más a la industria de las telecomunicaciones y a la economía de Estados Unidos que cualquier otro establecimiento de investigaciones" (*Business Week, ibidem*). Este laboratorio, desde su fundación, ha realizado investigación básica en estrecho contacto con la investigación aplicada y se ha mantenido al frente en el campo de las telecomunicaciones, donde ha acumulado una impresionante colección de patentes. A. T. & T., figura cuarta en el ranking de los gastos en R-D para 1976 en Estados Unidos, con un total de 643 millones de dólares (que incluye los laboratorios Bell y Western Electric), superada solamente por la General Motors (con 1 257 millones), la IBM (con 1 012 millones) y la Ford (con 924 millones).

Las inversiones en R-D se hacen reconociendo que cualquier industria específica requiere una inversión mínima para asegurar su existencia (Freeman, 1963b). El monto de dicha inversión varía, por supuesto, de una industria a otra. De todos modos, en la misma industria pueden haber variaciones muy significativas; por ejemplo, la industria fotográfica Kodak realiza una política de una inversión uniforme en R-D, aproximadamente del orden del 6% de su volumen anual de ventas (que en 1979 ascendió a 8 028 millones), mientras que su competidora Polaroid invirtió 16,6% de su volumen de ventas en 1975 y descendió a 8% en 1979. Otra consideración importante es que las empresas deben estar en condiciones de adaptarse a cambios bruscos en las

CUADRO 8

Estados Unidos: investigación básica industrial, según el campo de actividad científica

(en millones de dólares)

Actividad	1973	1974	1975
Ciencias físicas	273	315	316
Química	(192)	(227)	(231)
Matemáticas	14	13	12
Ciencias del medio ambiente	7	11	11
Ingeniería (inc. metalurgia)	182	175	192
Ciencias biológicas	75	81	90
Ciencias médicas	25	36	38
Otras	46	45	41
TOTAL	621	677	702

FUENTE: AAAS (1979).

condiciones económicas. Por ejemplo, a raíz de la crisis del petróleo, la empresa DuPont (novena en el ranking de R-D en Estados Unidos), se vio obligada a modificar su estrategia de R-D: ahora "selectiyidad es el concepto clave en el desarrollo de nuevos productos" y, en consecuencia, destina tres cuartas partes de su inversión en R-D para el mejoramiento de sus productos actuales.

Con respecto a la localización geográfica de las actividades en R-D, la tendencia de las empresas sigue siendo la de ubicarlas en las proximidades de su sede central. Pero, en muchos casos, debido a circunstancias locales y de otro tipo, las ET realizan parte de su R-D en algunas de sus filiales extranjeras. El cuadro 9 contiene datos correspondientes a 200 ET norteamericanas. En el capítulo VII analizaremos con mayor profundidad esta característica, en particular en lo relativo a la política de esas empresas en sus filiales instaladas en países del Tercer Mundo.

En el capítulo I hicimos referencia a las dificultades que presenta todo intento de relacionar las inversiones en R-D con otros parámetros económicos. De todas maneras, se han realizado –y se siguen realizando– esfuerzos importantes en esa dirección. Se han efectuado, por ejemplo, nume-

CUADRO 9

R-D realizado por empresas norteamericanas en el exterior (1974-1977)

(*en millones de dólares*)

Sector industrial	1974[a]	1975	1976	1977
Alimentos y productos conexos	18	13	18	19
Productos químicos y similares	158	215	254	286
Productos farmacéuticos y medicinas	(76)	(130)	(146)	(156)
Productos de piedra, arcilla y vidrio	7	7	(b)	(b)
Productos de metales básicos	3	9	12	11
Productos de metales industrializados	(b)	(b)	22	25
Maquinaria	258	331	352	416
Equipo eléctrico y de comunicaciones	226	232	263	253
Componentes electrónicos	(4)	(7)	(9)	(9)
Aeronaves y proyectiles	9	5	5	6
Instrumental profesional y científico	39	49	49	54
Otras industrias manufactureras	341	346	398	421
Industrias no manufactureras	3	4	4	8
TOTAL	1 064	1 211	1 377	1 499

[a] La información de 1974 corresponde sólo a las 200 empresas norteamericanas con mayor gasto en R-D.

[b] Los datos correspondientes a 1974 y 1975 del rubro "productos de metales industrializados" no están disponibles por separado y se han incluido en el rubro "otras industrias manufactureras".

FUENTE: National Science Foundation (1979).

rosos estudios macroeconómicos en busca de una relación entre inversión nacional en R-D y producto nacional bruto (National Science Board, 1979, p. 45). La conclusión general es que existe una relación positiva entre ambos, pero con variaciones significativas de un país a otro. Por ejemplo, esa relación es decididamente positiva en el caso del Japón, pero mucho menos en el caso de la India.

Otro elemento que debiera tomarse en cuenta y que suele olvidarse, es el que se refiere a la importancia de la tecnología en el retorno esperado de un determinado esfuerzo nacional en R-D. En tal sentido es útil comparar la experiencia del Japón con la de la Unión Soviética, país que se ha visto obligado a efectuar ciertos cambios importantes

en su política en esta materia (*The Economist*, 1977).

También resulta difícil evaluar el impacto económico final de las inversiones en R-D destinadas a actividades militares. Por lo menos en el caso de Estados Unidos, algunos estudios recientes han demostrado que dichas inversiones no sólo no son económicamente productivas en forma directa, sino que lo son aún menos en relación con el crecimiento industrial, que otras inversiones en R-D (Arrow, 1976).

Por lo que se refiere al retorno económico de R-D en la industria, se ha demostrado que hay una relación significativa entre el crecimiento de las ventas y la actividad en R-D. Y se ha probado, asimismo, que ello no sólo es cierto en el caso de industrias intensivas en R-D —como la farmacéutica, la química y la electrónica— sino también en el caso de industrias no intensivas en R-D, como la del papel y la de refinación del petróleo (véase, por ejemplo, Enos, 1962).

También existe una relación significativa entre la actividad en R-D y el crecimiento de todas las industrias importantes de Estados Unidos, salvo las que cuentan con una fuerte inversión gubernamental (producción de aviones, de cohetes, etc.). Un estudio reciente, realizado en Gran Bretaña, después de comparar la productividad con la inversión en R-D, señala que hay una relación positiva, con la sola excepción de la industria nuclear (Burn, 1967).

La inversión en R-D en una empresa determinada depende de diversos factores, variables de un sector industrial a otro. En el caso de la industria electrónica, por ejemplo, que es probablemente la que mejor se ha estudiado, se ha comprobado que el comportamiento de la empresa varía en forma considerable según la intención de mantener su posición relativa en el mercado o de mejorarla apreciablemente (Freeman, 1963).

Otro elemento que influye decisivamente es la etapa del ciclo de innovación de un producto o proceso en que se encuentre la empresa en un momento dado. La inversión será mayor, por supuesto, en las primeras etapas —cuando se trata de precisar los elementos fundamentales del paque-

te– que una vez que se ha alcanzado la "madurez tecnológica".

En cuanto a la posición relativa de los distintos países centrales en el mercado mundial de tecnología, no hay duda de que, desde la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos ha mantenido una posición de clara preeminencia. Si bien en los últimos años los avances de los países europeos (en particular, la República Federal de Alemania), y muy especialmente los del Japón, indican un deterioro relativo de la posición de Estados Unidos, las cifras de exportación e importación de tecnología demuestran que continúa teniendo un fuerte superávit. Por ejemplo, en 1968 la exportación de tecnología fue de 9 600 millones de dólares y la importación de sólo 3 900 millones; en 1977 exportó por valor de 33 400 millones e importó por 19 600 millones. Por lo que se refiere a ingresos por concepto de regalías, contratos de *know-how*, licencias por el uso de marcas, etc., la posición norteamericana sigue siendo sólida.

La extraordinaria actividad del Japón en la década del 70 merece una consideración especial. No cabe duda de que los productos japoneses de alta tecnología invaden el mundo, incluyendo mercados tan competitivos como el norteamericano y los de Europa Occidental. Diferentes indicadores dan cuenta de ciertos aspectos fundamentales de esta situación. Por ejemplo, hacia fines de 1968, el Japón tenía unos 158 mil investigadores contra 550 000 de Estados Unidos, 72 000 de Alemania Federal, 55 000 de Francia y 57 000 del Reino Unido; hacia finales de 1970 el número de investigadores había aumentado en el Japón a 272 000 (72% de aumento), mientras que en Estados Unidos había llegado a 571 000 (4% de aumento), en Alemania Federal a 94 000 (31% de aumento), en Francia a 62 000 (13% de aumento) y en el Reino Unido a 78 000 (37% de aumento). Como puede observarse, el Japón tiene, a partir de entonces, más investigadores que Alemania Federal, Francia y el Reino Unido sumados.

En una evaluación reciente –realizada por los japoneses– del estado de la tecnología de ese país frente a la norte-

americana, que comprendió el estudio de 69 industrias, el resultado obtenido fue el siguiente: la tecnología japonesa es superior a la norteamericana en dos industrias, es igual a la norteamericana en 41 industrias y es inferior en 26 industrias. Sin embargo, de continuar la tendencia de los últimos años, es previsible que la última cifra tenga una reducción importante y que aumenten las dos primeras.

Otro indicador significativo es el espectacular aumento en el número de patentes registradas por japoneses en Estados Unidos. En el período 1966-1976 ha aumentado en 600% con lo que en la actualidad, son los mayores patentadores extranjeros en Estados Unidos.

Un aspecto que merece mención especial es el del papel de las ET en el comercio mundial de tecnología, que analizaremos en profundidad en el capítulo VI, y la gran importancia relativa del comercio de tecnología entre matrices y filiales de las ET norteamericanas. A este respecto, puede señalarse que, en 1977, del total de 4 780 millones de dólares que Estados Unidos recibió por concepto de pagos por tecnología desincorporada (regalías y honorarios por patentes, contratos de *know-how*, usos de marcas, expertos, etc.), 3 800 millones fueron pagados por las filiales (en el extranjero) a sus casas matrices norteamericanas y sólo 980 millones de dólares correspondieron a los pagos realizados por compradores independientes. En otras palabras, más del 90% de este negocio se realizó en el universo de las ET.

VI. Transnacionales y tecnología

El conocimiento no tiene costo marginal: no cuesta más utilizarlo en los 70 países en donde operamos que en uno solo.

G. D. A. KLINJSTRA
(Presidente del Directorio de Unilever Co.)

Hay amplio acuerdo en señalar que la empresa transnacional (ET) es uno de los actores principales en la economía mundial y en que la tecnología es uno de los principales instrumentos de poder. También hay acuerdo en que la ET es uno de los principales proveedores de tecnología a los países subdesarrollados. Pero no hay acuerdo, en cambio, sobre los beneficios o perjuicios que ese hecho produce sobre dichos países. Para algunos, la ET junto con la tecnología que suministra —tanto por inversión directa como por venta o registro de equipos, materiales y paquetes tecnológicos— lleva "progreso" y "modernización" al país receptor. Para otros, por el contrario, las ET son responsables de numerosos y graves pecados mortales, desde la venta de tecnología en los términos más desfavorables para el comprador, hasta la corrupción de la vida política, el daño a la cultura local autóctona, la distorsión de las instituciones sociales y la desestabilización de gobiernos populares.

Por cierto que este debate no ha sido aún superado, y

probablemente nunca lo sea, si se tiene en cuenta su fuerte contenido ideológico. Al mismo tiempo sería muy difícil tratar de presentar una síntesis adecuada y correcta de los cientos de proyectos de investigación actualmente en curso en universidades, agencias internacionales, centros de investigación, etc. El propósito de este capítulo es, sin embargo, más modesto: analizar el impacto que lo que hemos llamado "nuevo modo de producción de tecnología" tiene sobre el comportamiento y actividades de las ET y su importancia en la relación entre éstas y los países subdesarrollados.

Este análisis tiene, como marco de referencia, las consideraciones siguientes:

a) Es importante comprender que si bien las ET han existido, en una u otra forma, durante siglos, su actual personalidad es la consecuencia de algunos cambios estructurales sufridos durante las últimas décadas y que Osvaldo Sunkel (1974) ha descrito con mucha precisión:

> El cambio más caracterizado y significativo que ha ocurrido [...] es la internacionalización de la producción manufacturera [...] Antes de los años 50 el capital privado extranjero estaba invertido principalmente en servicios públicos, minería, agricultura y petróleo. Con excepción de este último, en los otros sectores la inversión extranjera ha disminuido sustancialmente, al tiempo que ha aumentado dramáticamente en la producción industrial manufacturera y en los servicios relacionados con ella, como publicidad, mercadeo, bancos, etc. Esta reorientación en las actividades transnacionales de las corporaciones multinacionales representa la reorganización de la economía internacional y el surgimiento de una nueva división internacional del trabajo.

b) Una consecuencia directa de esa transformación es que la tecnología se transformó en un elemento fundamental en la vida económica de todo país en el que una ET invirtiese en instalaciones productivas, simplemente porque la manufactura industrial es el mayor consumidor de tecnología de todos los sectores de la actividad económica.

Por esta misma razón, la tecnología se convertiría en uno de los más poderosos instrumentos de la ET: "La contribución fundamental de las corporaciones transnacionales es su capacidad para combinar diferentes tipos de conocimientos en productos y procesos comercialmente viables", como se dice en un informe de las Naciones Unidas (1973).

c) Una vez iniciado este proceso, toda ET que esté involucrada en él debe continuarlo (como cuando se anda en bicicleta: si uno se detiene, se cae). Como ha señalado Sunkel (*op. cit.*), "Las corporaciones multinacionales están forzadas a continuar innovando en productos y procesos para poder seguir obteniendo rentas monopólicas [. . .] Por eso mismo, y por la competencia entre ellas, también están obligadas a seguir desarrollando mercados potenciales en los países huéspedes".

d) Y es así como termina por aparecer una de las características más sobresalientes de este dinámico proceso. Nuevamente citamos a Sunkel (*Ibid.*):

> Para mantener este mecanismo funcionando, *tanto los países sedes como los países huéspedes* subsidian fuertemente al sistema de empresas transnacionales: en los países sedes, reciben ayuda sustancial mediante contratos o subsidios en R-D, contratos gubernamentales, participación en los programas de asistencia técnica a otros países, utilización de las redes de comunicación y transporte, etc.; en los países huéspedes, reciben ayuda a través de la protección arancelaria, créditos a bajo interés, concesiones impositivas muy generosas, etc., además, y gracias a su tremenda influencia en consumidores, productores y gobiernos, las ET estimulan por todos los medios posibles la diversificación, obsolescencia y reemplazo acelerados de bienes y servicios. Las ET, en efecto, han descubierto la técnica de planificar el consumo *acelerado*.

e) Pero la importancia e influencia de la tecnología cubre un territorio más vasto que lo económico. Tecnología es poder, poder que se puede utilizar no sólo para fines económicos o comerciales, sino también para fines sociales, culturales y políticos. Para salvaguardar ese poder en todas

sus dimensiones, la ET utiliza medios jurídicos, comerciales, financieros, políticos, etc.: las patentes, las marcas de comercio, los créditos "atados", los contratos de *know-how*, la seguridad contra el espionaje industrial, las campañas publicitarias y aun la corrupción, son medios destinados a preservar dicho poder a través de la tecnología.

f) Es demasiado esquemático tratar de explicar el comportamiento de las ET solamente en relación con su objetivo de obtener mayores ganancias: la realidad es mucho más compleja, como la ha descrito con agudeza Miguel Wionczek (1979), al proponer que son cuatro los objetivos principales de una ET: "sobrevivencia, seguridad, bienestar y poder". Y al respecto dice:

> Aunque solamente el objetivo de bienestar tiene un contenido económico explícito —aunque parcial— también en los otros tres hay elementos económicos implícitos e importantes [...] [Pero es con estos objetivos a la vista] que se hace posible comprender el comportamiento internacional muchas veces confuso de las ET. Así, por ejemplo, como están muy interesadas en sobrevivir, aceptan voluntariamente concertar acuerdos con los Estados socialistas, pese a que éstos no aceptan ningún control externo de las actividades económicas; por razones de seguridad a largo plazo aceptan acuerdos de coproducción y copropiedad en muchos países, acuerdos que simplemente hubieran sido impensables hace apenas un cuarto de siglo; finalmente, su interés en su bienestar (y crecimiento) es la razón principal de su fuerte y sostenida participación en desarrollos científicos y técnicos.

g) Finalmente, pero no por ello menos importante, debe tenerse en cuenta que las ET utilizan los paquetes tecnológicos como parte de paquetes empresarios aún mayores. Constantin Vaitsos (1979) lo ha explicado en los siguientes términos:

> La capacidad de las ET para sintetizar una gran variedad de insumos, que si bien son teóricamente diferenciables entre sí, en la práctica no lo son (tales como la capacidad empresaria, capital, capacidad de *marketing*, oportunidades de acceso a mercados internacionales, capacidad de utilizar recursos de

orígenes muy diversos, etc.) es una de sus principales ventajas y una contribución clave en la economía mundial. Pero es también la causa de monopolio y del consiguiente desplazamiento de actividades locales en los países huéspedes.

1. Algunas características

En la década del 50 la inversión extranjera directa consistió en un movimiento de capital acompañado de alguna forma de control sobre el proceso de producción (U. S. Department of Commerce, 1953), diferente de la habitual inversión de portafolio, que no incluye elementos de control. Aun así, sin embargo, había una semejanza importante: la inversión estaba motivada esencialmente por la diferencia entre las tasas de interés entre los diferentes países, y el capital se movía desde los países con tasas más bajas hacia los de tasas más altas. Pero ya en la década del 60 la situación comenzó a cambiar y, como lo probaron Kindelberger (1971) y Hymer (1976), la inversión extranjera directa debe ser estudiada en relación con la organización industrial internacional, con objetivos diferentes de los puramente financieros. Estos autores señalaron cuatro características fundamentales:

i) La inversión directa generalmente supone la obtención de préstamos en el país huésped. En realidad, mientras que los activos principales están en el país sede de la corporación, los pasivos están en los países huéspedes.
ii) Suelen realizarse movimientos de capital en direcciones opuestas (por ejemplo, la Shell invierte en Estados Unidos al mismo tiempo que la Standard Oil invierte en Holanda), lo que indica que lo financiero no es el único factor determinante.
iii) Para la mayoría de las firmas, las actividades en el exterior son una pequeña parte de sus inversiones totales. Por lo tanto, las motivaciones que tienen para expandir internacionalmente sus actividades no están divorciadas de sus actividades domésticas en el país sede.

iv) Las actividades internacionales no son iguales para todas las industrias, sino que más bien son específicas de algunas de ellas (químicas, eléctricas, automotrices, farmacéuticas, etc.), lo que confirma que el comportamiento de las ET está motivado por otras razones además de las financieras.

Estas consideraciones llevaron a Kindelberger y Hymer a la conclusión de que la motivación principal para la expansión internacional es la obtención de ganancias a través del control de la producción, ganancias que serían resultantes de las mayores ventajas que las empresas extranjeras tienen frente a sus competidoras nacionales, debido a las imperfecciones del mercado. Es evidente que si los mercados fueran de competencia perfecta, sería muy difícil para una firma extranjera competir con una nacional, dado que tiene que hacer frente a costos mayores al tener que operar a distancia de su casa matriz. Pero en la práctica, la deformación de los mercados internos de los países huéspedes hace posible la inversión extranjera directa. Los beneficios que las empresas extranjeras reclaman y obtienen a través de las llamadas leyes de promoción de la inversión extranjera les permiten no sólo competir con las nacionales sino incluso, en muchos casos, eliminarlas completamente del mercado. Hymer y Kindelberger pudieron demostrar la relación existente entre las estructuras oligopólicas de los mercados y las ET norteamericanas y, en un estudio posterior, Hymer y Rowthorne (1970) probaron que esa relación también existía con las ET europeas. Señalaron además que esas ventajas oligopólicas estaban vinculadas con la capacidad de las ET en la producción de tecnología. R. Vernon y otros autores mostraron, por su parte, que la fuerte posición de las firmas norteamericanas en la exportación de bienes manufacturados y en su producción en el exterior resulta de su capacidad para desarrollar nuevos productos o nuevos procesos que reducen los costos: la superioridad tecnológica les permite, en una primera etapa, conver-

tirse en exportadoras; luego, cuando sus ventajas comienzan a verse en peligro por la actividad de firmas competidoras locales, transfieren su producción al exterior para conservar esos mercados.

Según Gruber, Mehta y Vernon (1967), la hipótesis de que la inversión extranjera directa es una etapa final en un proceso que comienza con la exportación se fundamenta en dos observaciones:

a) Las exportaciones norteamericanas se concentran en industrias intensivas en R-D y la venta de sus productos requiere estructuras organizativas complejas que luego sirven de base para instalar facilidades productivas.

b) Hay una relación directa entre intensidad en R-D y oligopolio. Por definición, además, para las industrias oligopólicas es esencial mantener su hegemonía en el mercado. En consecuencia, si otras firmas aparecen invirtiendo en uno de esos mercados, ellas también deben hacerlo si no quieren perder su posición.

La teoría del ciclo del producto propuesta por Vernon y sus colaboradores (*op. cit.*) explica la vinculación entre superioridad tecnológica e inversión extranjera directa principalmente por esa necesidad de la empresa de proteger sus mercados de exportación. Sin embargo, esos autores reconocen también la existencia de otros factores en el nacimiento y desarrollo de una ET, pero siempre ligados a un fuerte componente tecnológico. Por ejemplo, en el caso de la industria de procesamiento y distribución de alimentos, tratan de vender una técnica de producción, financiamiento, *marketing* y organización. Muestran así que, además de la protección y la defensa de los mercados, la superioridad tecnológica es un factor que lleva a las ET a invertir en el exterior. Hay muchos ejemplos de la conexión entre innovación, exportación y producción. El cuadro muestra algunas ET que tuvieron su origen en el desarrollo de un producto o proceso.

Las teorías propuestas por Vernon y otros se referían fundamentalmente a empresas de Estados Unidos, pero en un libro reciente, Franko (1976) demuestra que las ET europeas se han originado de manera similar. En efecto, la mayoría de ellas han tenido su origen en la exportación, gracias a las ventajas oligopólicas derivadas de las innovaciones (véanse los cuadros 10 y 11). Un ejemplo interesante presentado por Franko es el de la primera transnacional europea, Cokerill (de Bélgica), que instaló su primera planta industrial en Prusia en 1850, casi 40 años antes de que se efectuase la primera inversión productiva de Estados Unidos en el exterior, basada en una innovación importante en maquinaria textil (Franko, *op. cit.*, p. 3).

Una vez que se establece una relación entre superioridad tecnológica y transnacionalidad, la importancia de la actividad de R-D para la ET resulta obvia. Pese a las dificultades que existen para realizar estimaciones precisas, la inversión en R-D ocupa un lugar significativo en los gastos totales de una ET. Así, según una investigación realizada en Estados Unidos en 1971 el gasto en R-D de todas las empresas industriales de ese país fue del 2,1% del total de sus ventas, mientras que las ET de esa muestra gastaron el 3,4% en sus casas matrices y el 1,7% en sus filiales (Creamer, 1976, p. 51). Otra investigación demostró que en 1971 el gasto en R-D de las ET europeas fue del 3,2% sobre las ventas (Franko, 1976, p. 19).

El cuadro 12 presenta algunas informaciones de la investigación realizada por el Conference Board: el gasto en R-D de las ET constituye la proporción mayor del gasto total en R-D en Estados Unidos. Y el aumento anual de esos gastos es mayor que el del resto de la actividad económica.

Otra manera de medir la importancia de la actividad de R-D es el número de científicos y técnicos por cada mil empleados en una empresa. En 1971, mientras las casas centrales de las ET norteamericanas emplearon 32 científicos y técnicos por cada mil personas, el resto de las empresas de la misma nacionalidad que desarrollan alguna actividad en R-D, emplearon solamente 17.

CUADRO 10

Empresas norteamericanas transnacionalizadas a partir de innovaciones

EMPRESA	AÑO	PRODUCTO O PROCESO
Singer	1851	Máquina de coser
Bell Telephone (later Western Electric & ITT)	1878	Teléfono
Strowger (later Western Electric & ITT)	1892	Conmutador telefónico
Ford	1914	Línea de montaje para la producción de automóviles
Pfizer, Lederle	1945	Producción de penicilina por fermentación
General Motors	1939	Transmisión automática
Sperry-Rand	1951	Computadoras
Fairchild	1961	Proceso para la producción de circuitos integrados

FUENTE: L.G. Franko, en *The European Multinationals*, Stanford, Connecticut, Greylock Publishers, 1976, p. 27.

CUADRO 11

Empresas europeas transnacionalizadas a partir de innovaciones

EMPRESA	AÑO	PRODUCTO O PROCESO
Solvay (Bélgica)	1864	Proceso para la producción de sosa cáustica
BASF (Alemania Federal)	1870	Alizarin
BASF (Alemania Federal)	1913	Síntesis del amoniaco
Jurgens/Unilever (Países Bajos)	1872	Margarina
Hoechst (Alemania Federal)	1910	Salvarsín (droga anti-sifilítica)
Bayer/IG Farben (Alemania Federal)	1930-40	Goma sintética
Péchiney (Francia)	1950-70	Electrólisis del aluminio con baja potencia
VW (Alemania Federal)	1939	Volkswagen (sedán)
Montecatini (Italia)	1957	Polipropileno
Bayer (Alemania Federal)	1971	Sabor artificial (methol)

FUENTE: L.G. Franko, en *The European Multinationals*, Stanford, Connecticut, Greylock Publishers, 1976, p. 26.

CUADRO 12

Gastos en R-D de las ET y de toda la industria norteamericana
(en millones de dólares y porcentajes, 1966-1975)

	1966	1971	1972	1973	1975
1. Filiales	537	1 063	1 212	1 240	1 331
2. Casas matrices	11 597	14 352	15 394	15 769	17 248
2a. Financiado con fondos de las empresas	4 169	7 732	8 397		
3. Todas las industrias de EEUU	15 549	18 314	19 521	20 450	
3a. Financiado con fondos de la empresa	7 216	10 643	11 247	12 100	
4. Porcentaje del gasto en R-D de las ET en relación con el gasto de todas las empresas	65%	82%	85%	—	—
Aumento promedio anual (en % con respecto al año anterior)					
5. Filiales		14,7%	14,0%	2,3%	3,7%
6. Casas matrices		4,4%	7,3%	2,4%	4,6%
6a. Financiado con fondos de las empresas		13,1%	8,6%		
7. Todas las industrias de EEUU		2,3%	6,6%	4,8%	
7a. Financiado con fondos de las empresas		8,1%	5,7%	7,6%	

FUENTE: D. Creamer: "Overseas Research and Development by United States Multinational (1966-1975)", en: *Research Report from the Conference Board's Division of Economic Research*, Nueva York, 1976 (p. 35).

Diversos estudios, tanto en Estados Unidos como en Europa, han demostrado que hay una relación directa entre la actividad de R-D en un determinado sector industrial y la transnacionalidad de las firmas que actúan en ese sector. El cuadro 13 se refiere a una serie de industrias, clasificadas por la intensidad de su actividad en R-D (gasto en esa actividad de R-D en un determinado sector industrial y la transnacionalidad de las firmas que actúan en ese sector, Con base en esos mismos datos, el cuadro 14 contiene información sobre las actividades dentro y fuera de Estados Unidos de varias empresas norteamericanas. Puede observarse que las actividades transnacionales tienden a concentrarse en aquellas industrias donde mayor es el esfuerzo en R-D.

Hay otras evidencias de que las industrias de las ET, tienden a ser muy intensivas en investigación. En el cuadro 15 se muestran los resultados obtenidos en la encuesta del Conference Board. En 1971, el conjunto de los seis grupos industriales (equipamiento para transportes, maquinaria eléctrica, productos químicos, maquinaria no eléctrica, aparatos e instrumentos científicos, petróleo y productos del petróleo) representaba el 87,7% de todo el gasto industrial en R-D en Estados Unidos. Y el 86,2% de esa misma muestra correspondía a 444 ET que respondieron a la encuesta. Aunque esa encuesta no abarcó a todas las ET norteamericanas ni tuvo en cuenta los gastos en R-D de las filiales, el gasto doméstico en R-D de esas 444 empresas constituye un porcentaje importante del gasto total de toda la industria (véase el cuadro 16).

Aunque hay menos estudios sobre las ET europeas, se observa una relación similar cuando se analiza el R-D en una industria determinada y la participación de las ET. Por ejemplo, una encuesta (Franko, 1976, p. 15) muestra que 45 de las 64 empresas que realizan actividades manufactureras en más de siete países corresponden al mismo grupo de industrias intensivas en investigación que hemos mencionado más arriba. El autor destaca algunas cifras muy significativas:

CUADRO 13

R-D en la industria norteamericana, por sector (1962)

Sector	Gasto total en R-D (% sobre ventas)	Científicos e ingenieros dedicados a R-D (% sobre total de empleados)
Transporte	10.0	3.4
Aviación	27.2	6.9
Maquinaria eléctrica	7.3	3.6
Instrumentos	7.1	3.4
Productos químicos	3.9	4.1
Productos farmacéuticos	4.4	6.6
Maquinaria no eléctrica	3.2	1.4
Goma y elásticos	1.4	0.5
Piedra, arcilla y vidrio	1.1	—
Petróleo y carbón	0.9	1.8
Fabricación de metales	0.8	0.4
Metales básicos	0.6	0.5
Cuero	0.6	0.1
Imprenta	0.6	0.2
Tabaco	0.3	0.2
Alimentos	0.2	0.3
Textiles	0.2	0.3
Muebles	0.1	0.2
Madera	0.1	—
Papel	0.1	0.3
Vestimentas	0.1	—
Otros	6.6	4.7
Total	2.1	1.1
Las cinco empresas con mayor gasto en R-D	6.3	3.2
Las restantes	0.5	0.4

FUENTE: Gruber, Mehta y Vernon: "The R & D Factor in International Trade and Investment of U.S. Industries", en: *Journal of Political Economy*, Vol. 75, No. 1 (febrero de 1967).

CUADRO 14

Inversiones y ventas de las empresas norteamericanas

(en miles de millones de dólares)

	En las 4 ramas industriales más intensivas en R-D (1)	En las otras 14 ramas industriales (2)	1/2
Gastos en instalaciones y equipos (1954-62)			
En Estados Unidos	32.7	50.8	64.4
En Europa (a través de filiales)	4.3	1.6	266.3
En otros países (a través de filiales)	3.9	3.0	133.4
Inversión directa (1964)			
En Estados Unidos	71.7	94.9	75.6
En Europa	4.5	2.0	227.5
En otros países	5.2	4.9	106.0
Ventas (1962)			
En Estados Unidos	143.4	205.7	96.7
En Europa	8.4	3.7	227.0
En otros países	8.7	7.3	119.3

FUENTE: Gruber, Mehta y Vernon: "R & D Factor in International Trade and Investment of U.S. Industries", en *Journal of Political Economy*, Vol. 75, No. 1 (febrero de 1967).

CUADRO 15

Estados Unidos: gastos en R-D por sector industrial (1971)
(*en porcentajes*)

Sector	Total de empresas	Empresas encuestadas
Equipo de transporte	36.6	29.3
Maquinaria eléctrica	24.7	19.5
Productos químicos	9.9	11.4
Maquinaria no eléctrica	9.7	15.1
Instrumentos científicos	4.0	6.8
Petróleo y derivados	2.8	4.1
Total de los seis sectores	87.7	86.2
Demás sectores	12.3	13.8

FUENTE: Creamer: "Overseas Research and Development by United States Multinationals (1966-1975)", en: *Research Report from the Conference Board's Division of Economic Research*, Nueva York, 1976 (p. 13).

El 53% de las 85 ET europeas que manufacturan en siete o más países concentran sus actividades en tres de las industrias más intensivas en R-D, porcentaje que debe compararse con el 44% de 187 ET norteamericanas. Sólo tres (es decir el 5%) de las 210 empresas europeas que manufacturan en menos de siete países no estaban basadas en industrias de alta tecnología.

Estas cifras no se corresponden con la tradicional opinión que se tiene de las industrias europeas. Por eso Lietaer (1979) sostiene:

El no reconocimiento de que los europeos están muy involucrados en el desarrollo tecnológico proviene probablemente del tipo de tecnología en que se especializan las empresas europeas . . . (véase el cuadro 17). Un estudio detallado de la industria del acero confirma la predilección de las empresas europeas por el desarrollo tecnológico de procesos más que de productos.

CUADRO 16

Gastos en R-D de las matrices de las ET encuestadas en relación con gastos en R-D de todas las empresas norteamericanas (por actividad industrial)

Actividad industrial	1966	1971	1972
Equipos de transporte	65,8	79,5	83,0
Maquinaria eléctrica	40,8	44,1	43,0
Productos farmacéuticos	100	100	100
Otros productos químicos	62,2	66,2	70,2
Maquinaria no eléctrica	71,4	85,1	85,7
Instrumentos científicos	42,1	100	100
Petróleo y derivados	47,3	78,9	71,4
Todas las demás	56,7	78,7	83,1
Total del sector industrial	59,3	73,9	75,4
Gastos totales en R-D (en millones de dólares)			
Casas matrices	4 277	7 864	8 478
Total de empresas	7 216	10 643	11 245

FUENTE: Creamer: "Overseas Research and Development by United States Multinationals (1966-1975)", en: *Research from the Conference Board's Division of Economic Research*, Nueva York, 1976 (p. 21).

Habría que agregar también que esta falsa imagen de lo que hacen las industrias europeas es consecuencia de la noción según la cual "desarrollo tecnológico es igual a nuevos productos basados en la ciencia". En cambio, si utilizamos la noción de paquete tecnológico, no hay razón para llegar a esa imagen equivocada, ya que el desarrollo tecnológico consiste en la producción de paquetes que pueden no estar "basados en la ciencia" y ser o no "absolutamente novedosos".

La información estadística sobre el gasto en R-D de cada empresa es muy difícil de obtener, ya que se trata de información considerada como sumamente confidencial. Sin embargo, la encuesta de *Business Week* (iniciada en 1976) contiene información del gasto en R-D realizado por unas 598 compañías norteamericanas que equivale al 99% del gasto total privado en R-D. El cuadro 18 contiene la información obtenida en esa encuesta sobre las ET que en 1975 tuvieron mayor gasto en R-D (*Who owns Who*, 1979). Los cuadros 19 a 24 incluyen datos sobre las 10 empresas que más han gastado en R-D (en cifras absolutas, por empleado y en relación con el volumen de ventas de cada empresa, en 1976 y 1977).

La información de esos cuadros demuestra que, durante los años en que se hizo la encuesta, no hubo cambios en la lista de las primeras 10 empresas y que el gasto en R-D por empleado fue bastante estable. Esta observación contradice la opinión de que las empresas disminuyen sus gastos en R-D una vez que estandarizan su producción y definen su lugar en la industria. El aumento constante de sus gastos en R-D es una prueba que esta actividad es parte indispensable de la actividad global de las ET.

En muchos casos, la actividad en R-D es un valioso indicador de las perspectivas de una empresa. Una firma de Minneapolis, dedicada al asesoramiento de inversores, elaboró un índice que vincula el gasto en R-D con el precio que habría que pagar por las acciones de una determinada empresa. De acuerdo con ese índice, es digna de ser tomada en cuenta por los inversores toda empresa que gasta en

CUADRO 17

Características de las principales innovaciones norteamericanas y europeas (1945-1973)

	Estados Unidos		Europa continental	
	Total	%	Total	%
Nuevos productos				
Sin necesidad aparente	29	48	22	37
Sustitución de materiales	23	38	35	58
Ahorro de mano de obra	8	13	3	5
Subtotal	60	100	60	100
Adaptación de productos				
Ahorro de mano de obra	4	31	1	2
Ahorro de materiales	2	15	19	42
Ahorro de espacio	1	8	7	16
Mejoramiento de seguridad	1	8	9	20
Otros	5	38	9	20
Subtotal	13	100	45	100
Innovación de procesos				
Ahorro de mano de obra	24	62	8	8
Ahorro de capital	7	18	26	25
Ahorro de materiales	8	20	69	67
Subtotal	39	100	103	100
TOTAL	112		208	

R-D más de diez centavos por cada dólar que invierte en una acción (*Business Week*, 3 de julio de 1978, p. 59).

Con respecto a todas estas cifras, es necesario insistir en que no miden, en general, todo el negocio tecnológico, sino apenas una parte de la inversión que se emplea en él. En primer lugar, porque la actividad de R-D está definida en términos no muy precisos, y no incluye necesariamente todo lo que integra un paquete tecnológico (por lo menos, en el caso de muchas empresas). En segundo lugar, porque las cifras corresponden exclusivamente a los gastos de ET, pero no hay cifras sobre el volumen total de ventas y, menos aún, sobre la fracción de éste que corresponde a la venta de tecnología *strictu-sensu*. Esta última es una cifra muy difícil de establecer: ¿cómo se podría calcular el contenido tecnológico (en dinero) de cada bien que se vende en el

CUADRO 18

Estados Unidos: las 20 empresas con mayor gasto en R-D (1975)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
General Motors	1 113.9	3.1	88.9	1 635	– 1.0
IBM	946.0	6.6	47.5	3 277	6.3
Ford Motor	747.6	3.1	328.6	1 796	– 9.4
American Telephone and Telegraph	609.4	2.1	19.7	681	6.0
General Electric	357.1	2.7	61.5	952	1.5
Cinco primeras	3 774.0	(19.5% del gasto total en R-D)			
DuPont	335.7	4.6	123.5	2 538	0.5
United Technologies	323.7	8.3	275.5	2 344	8.5
Eastman Kodak	312.9	6.3	51.0	2 523	14.4
ITT	219.0	1.9	55.0	582	12.3
Chrysler	199.0	1.7	—	914	– 16.7
Diez primeras	5 164.3	(29.1% del gasto total en R-D)			
Xerox	198.6	4.9	58.1	2 122	11.1
Boeing	188.0	5.1	246.2	2 589	5.6
Exxon	187.0	0.4	7.5	1 364	7.5
Dow Chemical	167.4	3.4	27.2	3 153	12.6
Honeywell	164.2	5.9	214.7	1 976	– 3.5
Quince primeras	6 069.5	(35.4% del gasto total en R-D)			
Sperry Rand Minnesota	163.5	5.4	124.4	1 758	3.9
Mining & Manufacturing	143.4	4.6	54.8	1 828	8.3
McDonnel Douglas	132.2	4.1	154.4	2 104	– 5.2
International Harvester	130.5	2.5	112.6	1 253	0.0
Westinghouse	130.0	2.2	72.6	782	– 5.1
Veinte primeras	6 769.1	(40.2% del gasto total en R-D)			

CUADRO 19

Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en cifras absolutas (1976)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
General Motors	1 257.3	2.7	43.3	1 681	12.9
IBM	1 012.0	6.2	42.2	3 466	7.0
Ford Motor	924.9	3.2	94.1	2 084	23.7
American Telephone and Telegraph	643.5	2.0	16.8	694	3.9
General Electric	411.5	2.6	44.2	1 063	15.2
United Technologies	358.4	6.9	227.8	2 637	20.5
DuPont	352.5	4.2	76.7	2 658	5.0
Eastman Kodak	335.5	6.2	51.6	2 642	7.2
Chrysler	280.4	1.8	85.5	1 145	40.9
ITT	246.3	2.1	50.4	657	12.5

FUENTE: *Business Week*, 27 de junio de 1977 (pp. 62-84).

CUADRO 20

Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con sus ventas (1976)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
Electronic Array		12.1			
Data General	17.2	10.7	90.8	2 978	47.9
Fairchild Camera & Instrument	44.0	9.9	286.7	2 067	25.7
John Fluke	4.8	9.8	129.7	3 368	24.8
Hewlett-Packard	107.6	9.7	118.4	3 341	20.0
American Microsystems	6.5	9.6	-60.5	1 927	11.4
Medtronic	11.8	9.1	88.7	3 819	28.6
UpJohn	92.6	9.0	119.3	5 058	18.0
AMP	47.0	9.0	90.3	3 372	20.5
Spectra-physics	3.7	8.9	110.2	3 289	32.8

FUENTE: *Business Week*, 27 de junio de 1977 (pp. 62-84).

CUADRO 21

Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con su número de empleados (1976)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
Comsat				5 662	
Polaroid	77.6	8.2	97.4	5 348	20.8
International Flavors and Fragrances	16.1	5.9	42.8	5 209	14.3
UpJohn	92.6	9.0	119.3	5 058	18.0
Merck	136.4	8.2	53.4	4 958	9.5
Ely Lily	113.0	8.4	56.5	4 852	8.4
Lubrizal	17.0	3.8	33.4	4 789	2.6
Syntex	23.8	6.6	52.0	3 389	14.9
Smithkline	54.8	8.1	76.0	3 850	4.6
Medtronic	11.8	9.1	88.7	3 819	28.6

FUENTE: *Business Week*, 27 de junio de 1977 (pp. 62-84).

CUADRO 22

Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en cifras absolutas (1977)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
General Motors	1 451.4	2.6	43.5	1 821	15.4
Ford Motor	1 170.0	3.1	69.9	2 441	26.5
IBM	1 142.0				
American Telephone and Telegraph	717.7	2.0	15.8	935	11.5
General Electric	463.5	2.6	42.6	1 207	12.6
United Technologies	368.3	6.6	187.9	2 658	2.8
DuPont	366.6	3.9	67.3	2 793	4.1
Eastman Kodak	351.1	5.9	54.6	2 838	4.7
Chrysler	337.0	2.0	270.0	1 344	20.4
ITT	280.0	2.1	49.8	800	13.8

FUENTE: *Business Week*, 3 de julio de 1978 (p. 58).

CUADRO 23

Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con sus ventas (1977)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
Systems Engineering Labs	3.7	12.1	550.4	4 917	64.0
Data General	26.1	10.2	91.2	3 033	41.8
Fairchild Camera & Instrument	43.6	9.5	390.6	2 192	1.4
American Microsystems	6.7	9.4	381.2	2 257	3.5
AMP	58.0	9.2	76.4	3 847	23.4
Hewlett-Packard	125.4	9.2	103.2	3 573	16.5
UpJohn	102.3	9.0	111.7	5 431	10.5
Advanced Micro Devices	5.5	8.9	123.6	1 876	159.3
John Fluke	5.4	8.9	120.7	3 473	12.9
Amdahl	16.7	8.8	62.6	8 679	78.9

FUENTE: *Business Week*, 3 de julio de 1978 (p. 58).

CUADRO 24

Estados Unidos: las 10 empresas con mayor gasto en R-D, en relación con su número de empleados (1977)

Empresa	Gastos en R-D (millones de dólares)	% sobre ventas	% sobre beneficios	Gastos por empleado	Variación respecto año anterior (%)
Amdahl	16.7	8.8	62.6	8 679	78.9
International Flavors & Fragrances	19.6	6.2	42.9	5 891	21.9
Communications Satellite	7.5	4.5	24.2	5 469	1.4
UpJohn	102.3	9.0	111.7	5 431	10.5
Polaroid	88.9	8.4	96.4	5 426	14.7
Church & Dwight	3.0	3.0	54.9	5 392	10.3
Lubrizol	19.2	3.8	33.1	5 306	13.0
Ely Lilly	124.6	8.2	57.0	5 236	9.3
Merch	144.9	8.4	52.2	5 157	8.3
Systems Engineering Labs	3.7	12.1	550.4	4 917	64.0

FUENTE: *Business Week*, 3 de julio de 1978 (p. 58).

mercado? En esta materia, apenas hay estimaciones que varían para cada producto, proceso o servicio que es comercializado, e incluso para cada operación comercial. Se trata, por supuesto, de estimaciones que no son confiables ni mayormente útiles.

La actividad de R-D es cada vez más importante para las ET. Así lo prueban algunos hechos ocurridos en los últimos años con algunas ET norteamericanas. Por ejemplo, varias de ellas han vendido sus filiales en el extranjero: entre 1971 y 1975, se vendieron unas 1 350 subsidiarias, lo que equivale al 10% del total de filiales de las ET norteamericanas. La mayoría de estas ventas —un tercio de las cuales se realizó en Europa— fue voluntaria, es decir, sin que mediara presión de los países huéspedes y simplemente porque la actividad local dejó de ser un buen negocio. Lo significativo, sin embargo, es que la mayoría de esas ventas las efectuaron empresas con escasa intensidad en R-D (textiles, artículos de cuero, neumáticos, bebidas, etc.) y fueron muy pocas las ventas de industrias de alta tecnología (maquinaria, productos farmacéuticos y equipamiento de oficinas). En realidad, empresas tan activas en el desarrollo tecnológico como IBM, Xerox, Texas Instruments, etc. todavía mantienen una posición sólida, realizan buenos negocios y sus posibilidades de negociación entre los gobiernos de los países huéspedes continúan siendo grandes. Un ejemplo significativo de la importancia de la capacidad tecnológica para ayudar a las empresas a sobrevivir en situaciones difíciles es el de las grandes empresas petroleras que, pese a la acción de la OPEP y a las nacionalizaciones, han podido mantener una posición importante gracias a su capacidad en la introducción y comercialización de tecnología (*Fortune*, 1977).

2. Geografía del R-D

Para la determinación de la política tecnológica de cualquier país subdesarrollado es fundamental conocer la estrategia de las ET en relación con el desarrollo tecnológico de los

CUADRO 25

Personal empleado en R-D en relación con el número total de empleados (1971)

Sectores industriales	Científicos e ingenieros cada mil empleados			Personal total de R-D cada mil empleados	
	Total de empresas de EEUU	Casas matrices	Filiales en el exterior	Casas matrices	Filiales en el exterior
Todos los sectores	17	32	16	83	39
Productos químicos y afines	38	31	16	52	42
Maquinaria no eléctrica	24	74	24	132	44
Equipo de transporte	19	22	12	51	42
Demás sectores	13	16	10	32	24

FUENTE: Creamer: "Overseas Research and Development by United States Multinationals (1966-1975)", en: *Research Report from the Conference Board's Division of Economic Research*, Nueva York, 1976 (p. 54).

países huéspedes. La información disponible a este respecto no es concluyente. En primer lugar, se presenta la dificultad crónica de que los datos existentes se refieren casi exclusivamente a la actividad de R-D y eso, como ya lo hemos señalado, no comprende toda la producción tecnológica. Y en segundo lugar, las políticas de las ET varían no sólo de un país a otro sino también de una empresa a otra, lo que dificulta enormemente lograr una visión coherente del conjunto.

La información disponible sobre la distribución de las actividades de R-D muestra que la mayoría de ellas se realiza en los países donde las ET tienen sus casas matrices. Son muy pocas las que se efectúan en los países huéspedes. Los gastos en R-D de las filiales de las ET norteamericanas son muy pequeños en comparación con los del país sede. Otros indicadores confirman esa tendencia: el cuadro 25 muestra que el personal de R-D por cada mil empleados es menos de la mitad en las filiales que el correspondiente a las casas centrales.

Esta centralización de las actividades de R-D se explica, en parte, por economías de escala. En los mercados extranjeros, el tamaño de éstos limita los probables beneficios de los gastos en R-D. Para muchos empresarios, el R-D y la ingeniería se realizan más eficientemente por un solo equipo en una sola localización (Duerr, 1970). Otra razón se relaciona con la confidencialidad: en los campos en que el secreto es muy importante, las actividades de R-D a cargo de las filiales son aún más escasas (Duerr, *op. cit.*).

También debe tenerse en cuenta que la mayoría de las ET, al igual que el resto de las empresas, realizan sus mayores esfuerzos en investigación aplicada y desarrollo. El esfuerzo en la investigación básica es mucho menor: por ejemplo, en 1972, alcanzó apenas el 3,2% del total de lo realizado en R-D por el conjunto de la industria norteamericana (Creamer, 1976, p. 101). Esta tendencia es aún más notoria en las filiales.

El cuadro 26 presenta datos sobre la distribución de costos en R-D para varias industrias norteamericanas. Una

CUADRO 26

Estados Unidos: estructura de costos de R-D (1971)

(en porcentajes)

	Total de empresas	Casas matrices	Filiales en el exterior
Todos los sectores			
Salarios de científicos e ingenieros	30	30	23
Salarios de personal auxiliar	19	24	27
Materiales y suministros	18	15	11
Otros costos*	33	31	39
Productos químicos y afines			
Salarios de científicos e ingenieros	36	36	35
Salarios de personal auxiliar	20	20	24
Materiales y suministros	15	12	13
Otros costos*	29	31	28
Equipos de transporte			
Salarios de científicos e ingenieros	26	28	20
Salarios de personal auxiliar	18	31	41
Materiales y suministros	21	16	13
Otros costos*	35	25	26
Otros sectores			
Salarios de científicos e ingenieros	32	30	24
Salarios de personal auxiliar	20	20	16
Materiales y suministros	16	15	10
Otros costos*	32	34	50

*Depreciación, energía, servicios administrativos, etc.

FUENTE: Creamer: "Overseas Research and Development by United States Multinationals (1966-1975)", en: *Research Report from the Conference Board's Division of Economic Research*, Nueva York, 1976 (p. 68).

CUADRO 27

Distribución por país de los gastos en R-D de las ET norteamericanas

País	1966	1971	1972	1973	1975
Canadá	22,2	16,4	14,3	12,0	13,1
Reino Unido	24,4	18,7	18,5	19,2	18,8
Alemania Federal	22,3	30,9	30,5	32,3	29,9
Francia	9,1	7,3	8,2	8,4	8,1
Bélgica	3,2	3,4	3,5	3,5	3,5
Italia	2,6	4,9	5,0	4,2	6,1
Países Bajos	1,7	2,6	2,9	3,1	3,0
Suiza	1,1	1,6	1,8	1,8	2,0
Japón	0,6	0,6	0,7	1,2	0,7
Australia y Nueva Zelanda	4,1	3,8	3,6	3,6	3,7
Argentina	1,1	0,8	0,7	0,8	0,6
Brasil	0,7	2,1	2,6	2,8	2,9
Resto del mundo	6,9	7,0	7,5	7,2	7,6
Monto total (millones de dólares)	537	1 063	1 212	1 240	1 331

FUENTE: Creamer: "Overseas Research and Development by United States Multinationals (1966-1975)", en: *Research Report from the Conference Board's Division of Economic Research*, Nueva York, 1976 (p. 39).

conclusión importante es que si bien los salarios tienen gran significación —tanto en la sede central como en las filiales— la importancia relativa de los salarios del personal científico y tecnológico con respecto a los del personal auxiliar es superior en la matriz que en las filiales. Esto se debe, por un lado, a que en la matriz se emplea proporcionalmente mucho más personal de alta calificación (por el tipo de R-D, que tiene un contenido mucho mayor de investigación propiamente dicha y, por el otro, a las diferencias de salarios que existe entre la matriz y las filiales por razones de localización (Creamer, *op. cit.*, pp. 41-43).

Un aspecto que debe destacarse es el tipo de país en el que las ET prefieren invertir en R-D. Como lo muestra el cuadro 27, el gasto en R-D de las ET norteamericanas se concentra en países desarrollados. En 1975, el 89% de todos los gastos realizados en R-D por esas empresas se efectuó en 10 países (contando Australia y Nueva Zelanda como uno solo) desarrollados y apenas el 11% restante en los países subdesarrollados.

En resumen, el panorama general que resulta de estas informaciones pone de manifiesto la tendencia de las ET a concentrar sus actividades de R-D en sus casas matrices y a exportar la tecnología resultante a costo marginal muy bajo. Sin embargo, algunos cambios recientes podrían modificar en algo este panorama general. Si bien no se trata de un fenómeno generalizado, es necesario tenerlo presente y observarlo con atención. Las tareas de desarrollo vinculadas con la adaptación a las condiciones locales y al *debugging* (que incluyen diseño, ingeniería de detalle, ensayos, preparación de nuevas herramientas, sustitución de materiales, etc.) han ido en rápido aumento en los últimos años, en particular en los países recientemente industrializados (conocidos como NIC, abreviatura de la expresión inglesa *New Industrialized Countries*), como la India, el Brasil, la Argentina, Taiwan, Corea del Sur, etc. Progresivamente estas tareas han ido superando la mera adaptación para volverse cada vez más creativas. Un par de ejemplos de la industria automotriz: cuando la General Motors introdujo en la Ar-

gentina una nueva marca de automóviles –el Opel– la filial local empleó más de 500 000 horas de ingeniería local, rediseñando prácticamente cada componente del auto. La propaganda informó que se trataba de un automóvil "fabricado con tecnología alemana", a pesar de que, en realidad, el 80% de su tecnología se había desarrollado en la Argentina.

El segundo ejemplo, más impactante aún, es el del modelo "Brasilia", desarrollado íntegramente por la filial de la Volkswagen en Brasil y que se exporta ahora a numerosos países en el mundo entero. Hay muchos otros ejemplos, como los que ha estudiado el Programa de Investigaciones BID/CEPAL (véase el capítulo VII). Uno de ellos es el de la filial DuPont en la Argentina, que ha desarrollado muchos adelantos tecnológicos de importancia.

Esta tendencia, que se da plenamente en las tareas de desarrollo, también comienza a insinuarse en las de investigación, como lo ha señalado S. Lall (1979):

> Los gastos en R-D de las ET norteamericanas en sus filiales extranjeras (tanto en países desarrollados como subdesarrollados) totalizaron, en 1975, 1 300 millones de dólares. Esto significa un aumento de 150% en el período 1966-1975, muy superior al aumento del 50% en R-D registrado en las casas centrales [...] lo que está demostrando una tendencia a relocalizar en el exterior parte de las actividades de investigación [...]

La participación de los países del Tercer Mundo en esta relocalización es, sin duda, *pequeña* pero ha *crecido*, como lo hace notar Lall (*op. cit.*):

> En el período 1966-1975, más del 90% de la investigación realizada en el exterior por las ET norteamericanas se llevó a cabo en países desarrollados. La parte correspondiente a los países del Tercer Mundo creció del 3% del total en 1966 al 9% en 1975.

Varias ET han establecido importantes facilidades de R-D en algunas de sus filiales en el Tercer Mundo, pero

hasta ahora solamente en países recientemente industrializados. Por ejemplo, Monsanto ha instalado en Brasil, para actividades en R-D, uno de los laboratorios químicos más importantes de todo el país; Hoescht tiene instalaciones de investigación en la India, Brasil y Egipto; Unilever y Ciba-Geigy tienen importantes centros de R-D en la India; Usiminas, empresa mixta japonesa-brasileña, tiene en Brasil uno de los centros de investigación y desarrollo en acero más importantes de toda América Latina.

Lall (*ibid.*) ha analizado con algún detalle este complejo problema de relocalización:

> La localización del R-D es el resultado de varios factores complejos. Por una parte, hay varias razones económicas e históricas para que las ET realicen la mayor parte de su R-D en la sede central. En primer lugar, esa actividad tecnológica es la que concede a la empresa su mayor ventaja: la explotación en el exterior de algo que en realidad ha procedido a la actividad productiva transnacional. En segundo lugar, el país de origen (sobre todo en el caso de Estados Unidos) tiene la infraestructura tecnológica más desarrollada, los mercados más grandes y ricos para probar los nuevos productos, y las mejores facilidades productivas para ejecutar satisfactoriamente las nuevas técnicas. En tercer lugar, la actividad tecnológica es altamente "intensiva en comunicación", lo que requiere la estrecha interacción de diferentes disciplinas científicas y distintas funciones productivas, de *marketing*, administración, etcétera.
>
> Frente a estas fuerzas de inercia, hay varios factores que actúan a favor de una relocalización del R-D. Primero, muchas industrias requieren que se efectúe una cierta cantidad de desarrollo tecnológico *in situ* [...] Segundo, el R-D es sin duda mucho más barato en el exterior que en Estados Unidos. [...] Tercero, cierto tipo de ensayos, principalmente pruebas clínicas de productos farmacéuticos, se pueden realizar con menor dificultad y mayor economía en países donde los controles son menos estrictos que en Estados Unidos. Cuarto, la brecha en las comunicaciones se está haciendo cada día menos importante, ya que las ET establecen una verdadera red internacional de administración, producción y *marketing* [...]

Lall ha olvidado otro factor muy importante, por lo menos en los casos de Brasil y la India: la presión política

ejercida por los gobiernos de esos países sobre las ET para que, con sus laboratorios contribuyan al desarrollo de una mayor capacidad local en R-D. Tal vez sea éste el factor más importante. Así parece indicarlo el caso de la Argentina, país que a pesar de que reúne todas las condiciones requeridas por Lall para la relocalización, no ha obtenido ninguna, debido, sin duda, a la falta de voluntad política de su gobierno para plantear a las ET similares exigencias a las que supieron tener los gobiernos de Brasil y la India.

Los países recientemente industrializados aparecen, pues, como eventuales candidatos para futuras relocalizaciones. En cambio, para el resto de los países del Tercer Mundo todo indica que las posibilidades en ese sentido son muy remotas. La presión política no es suficiente cuando se carece de una adecuada infraestructura y, muy especialmente, de recursos humanos calificados y abundantes.

Pero aún la tendencia que hemos señalado, siguiendo a Lall, podría frenarse –e, incluso, revertirse– en función de un nuevo elemento: la comunicación instantánea, por satélite, entre las computadoras que operan en las casas matrices de las ET y las correspondientes terminales instaladas en las filiales. Este sistema ya es empleado por varias ET, sobre todo en el campo de la ingeniería (química, de petróleo, civil, mecánica, etc.). Una filial puede solicitar a la matriz, por ejemplo, la ingeniería detallada de un puente, de un dique o de una caldera, y obtener en muy poco tiempo el proyecto completo, diseñado por la computadora de la sede y retransmitido instantáneamente con todos los detalles necesarios, vía satélite. Más aún, la filial puede "dialogar" diariamente con la computadora central y plantearle cada uno de los problemas que se presentan corrientemente en la construcción, como la sustitución de un tipo de acero por otro, la modificación de la clase de cañería propuesta por otra más barata o más fácil de obtener en plaza, etcétera.

La Kellog Co., con su Computer Aided Design Program está en condiciones de diseñar, desde su sede en Houston (Texas), hasta el último detalle de una planta petroquími-

ca que se proponga construir cualquiera de sus filiales en cualquier punto del planeta. Éste es un ejemplo concreto del increíble avance en la capacidad tecnológica que resulta de la interacción entre la comunicación vía satélite y las técnicas modernas de procesamiento de datos. Se trata, sin duda, de un gigantesco salto adelante en la producción de tecnología, de un ejemplo dramático de lo que hemos llamado "el nuevo modo de producción de la tecnología", realizado por la introducción de nueva " maquinaria" con una capacidad muchas veces mayor que la que puede tener el mejor cuerpo de ingenieros trabajando con lápiz y papel, a la vieja usanza.

3. Las ET y la producción de tecnología

Es oportuno comentar nuevamente una paradoja a la que ya hicimos referencia en el Capítulo II. Los datos que hemos presentado –y muchos otros que pueden encontrarse en la abundante bibliografía sobre el tema– parecen probar que la tecnología es uno de los activos más importantes de las ET y uno de los principales instrumentos de su creciente poderío. Pero, por otra parte, hay hechos que llevan a pensar que las ET no son demasiado eficientes en la generación de innovaciones. Ya hemos señalado que Jewkes y sus colegas (1969) sostienen que "el inventor independiente [. . .] es la fuente principal de invenciones industriales [. . .] y que la importancia de los nuevos laboratorios profesionales de R-D ha sido exagerada".

Daría, pues, la impresión de que las ET son bastante ineficientes en el manejo de su activo más importante, conclusión sorprendente y contradictoria con lo que se ha sostenido en este capítulo.

Sin embargo, la paradoja no es tal, lo que ocurre es que la producción de tecnología no es lo mismo que la producción de innovaciones, como Jewkes y sus colaboradores parecen creer. Las ET no tienen mayor interés en las innovaciones *per se*, pero sí en la obtención de los mejores paquetes, como lo hemos dicho y repetido en este libro, y como

lo ha hecho notar un documento de la Junta del Acuerdo de Cartagena (Pacto Andino) citado por el IDRC (1976):

> **Debe destacarse que la mayoría de la tecnología manejada por las transnacionales resulta del reagrupamiento de conocimiento ya conocido, y adecuadamente combinado para fines comerciales.**

Aunque la innovación pueda originarse en un inventor independiente, su traducción en patentes es cada día más una capacidad de las grandes ET. Según datos del US Department of Commerce, mientras que en 1908 sólo el 19% de las patentes fueron concedidas a empresas en Estados Unidos, en 1973 ese porcentaje fue del 77%. En este aspecto, el papel de las ET es fundamental: según la misma fuente, en el período 1960-1973, 58 ET de origen norteamericano y 9 europeas obtuvieron 80 980 patentes, lo que equivale al 29% de todas las patentes concedidas en Estados Unidos en ese período. El mayor patentador fue la General Electric, con 5 255 patentes, seguido por la IBM, con 3 259, la Bell Telephone, con 3 094 y DuPont con 3 048 patentes. Es una muestra categórica de las posibilidades de las ET en materia de registro de patentes, ya sea que éstas lleguen a partir de sus propias innovaciones o de innovaciones ajenas.

El laboratorio de R-D de una ET es una "fábrica de tecnología", un mecanismo listo para emplear *cualquier* insumo que pueda mejorar su rendimiento. Por ejemplo, Mueller (1963) afirma que la mayoría de las innovaciones introducidas por DuPont en el mercado provinieron de desarrollos realizados fuera de la firma, pero esto en nada afectó el gran éxito comercial que la empresa obtuvo con esas innovaciones. El hecho esencial es la capacidad de la fábrica de tecnología para incorporar a sus paquetes tecnológicos las innovaciones producidas por otros. Si eso se logra, la fábrica de tecnología cumple satisfactoriamente su verdadera función: suministrar el paquete adecuado que la estructura productiva requiere. En consecuencia, una fábrica de tecnología eficiente no es la que "inventa más" sino la que está

en mejores condiciones de utilizar toda clase de conocimientos, incluyendo aquel "relativamente ordinario y pedestre" y de incorporar los "miles de pequeños adelantos" descritos por Rosenberg (1976a). Una fábrica con esas características es la mejor prueba de que la ET ha desarrollado la capacidad necesaria para utilizar, en su propio beneficio, el nuevo modo de producción de tecnología.

Se incluyen a continuación algunos datos sobre la organización de fábricas de tecnologías pertenecientes a ET, a fin de ilustrar algunas de sus características más salientes.

a) *Universal Oil Products*

Se trata en verdad de una empresa de tecnología. Fue fundada en 1915 y desde 1975 forma parte de un gigantesco conglomerado, la Signal Companies Inc. El objetivo inicial era producir y vender tecnología en el campo de la industria petrolera, sin duda un proyecto muy audaz a principios de siglo, porque la tecnología –y ya no la venta– del petróleo no existía aún como negocio.

En la actualidad su área de negocios abarca refinación, petroquímica e industrias químicas. Ha desarrollado varios sistemas originales, entre ellos algunos procesos catalíticos importantes, sistemas de depuración de gases de combustión, etc., que vende a sus clientes en paquetes que incluyen el uso de patentes, técnicas auxiliares, servicios, etc. Una de sus filiales, la Universal Oil Products Management Services Inc., vende servicios de administración para las empresas que explotan los procesos por la matriz. La Universal Oil Products tiene además 25 subsidiarias en distintos lugares del mundo, incluyendo varios países europeos, Brasil y Argentina.

b) *Ford Motor Company*

Es una de las mayores ET, su sede está en Detroit y tiene 26 filiales en Europa, América Latina, Canadá, África, Australia y el Cercano y Lejano Oriente. Emplea a más de me-

dio millón de personas. Sus actividades en R-D son muy importantes: el presupuesto anual es del orden del 3% del volumen total de ventas (unos 1 200 millones de dólares, sin contar lo que en estas mismas actividades gastan las subsidiarias). Sus líneas principales de desarrollo tecnológico son mejoramiento de sus productos (sobre todo en materia de seguridad y confort). También realiza investigación básica en materiales y sistemas. Una de sus subsidiarias, la Ford Aerospace and Communications Corporation, lleva a cabo investigaciones por contrato con el gobierno norteamericano.

Si bien la mayor parte de las actividades de R-D se realizan en Detroit, la Ford tiene además instalaciones importantes de desarrollo en ingeniería en Inglaterra y Alemania. Por otra parte, la mayoría de sus filiales realizan tareas de adaptación y *debugging* que pueden llegar a ser significativas. En la Argentina, por ejemplo, cuando se introdujo el modelo Falcon, se rediseñó completamente el sistema de suspensión y se hicieron modificaciones importantes en la caja de velocidades.

c) *DuPont*

Es la compañía química más grande de Estados Unidos. Tiene 39 subsidiarias (13 de ellas en América Latina). En 1977 invirtió 367 millones de dólares en R-D, siendo así la compañía de la industria química que más gastó en esa actividad (la segunda –Dow Chemical– gastó ese mismo año casi el 50% menos).

Unos 400 empleados se dedican a actividades de R-D y trabajan en los laboratorios correspondientes a sus ocho divisiones: productos bioquímicos; productos químicos, pinturas y pigmentos; productos petroquímicos; elastómeros; fibras; productos plásticos; resinas y productos fotográficos.

Las actividades de R-D están concentradas en Estados Unidos, pero también se realizan en Alemania, Australia y Brasil.

d) *Merck and Company Incorporated*

Es una empresa fundada en 1927 y dedicada fundamentalmente a productos farmacéuticos para la salud humana y animal. Tiene 41 subsidiarias principales en Europa y América Latina y algunas de las cuales tienen a su vez otras subsidiarias menores. Sus gastos en R-D ascienden al 8,4% sobre el volumen de ventas (145 millones de dólares en 1978). Se trata del mayor presupuesto en R-D de todas las compañías farmacéuticas en Estados Unidos.

Tiene seis laboratorios de R-D en Estados Unidos y cuatro en el exterior (Inglaterra, Canadá, Francia y Japón). Las únicas actividades de este tipo que realiza en países subdesarrollados son pruebas con animales (en México, Perú y Brasil).

4. Conclusiones

En el campo de la tecnología, las ET no son los mejores productores (en cantidad ni en calidad), pero han adquirido suficiente capacidad para ser productores eficientes. Por una parte, a través del nuevo modo de producción de tecnología, han convertido a ésta en una actividad continua, permanente y profesional. Por otra, gracias a su muy buena comunicación con sus propias actividades manufactureras, están en condiciones de aprovechar al máximo lo que desarrollan. Logran, en otras palabras, una relación óptima entre el campo del R-D y el de la producción cotidiana.

Este dominio de la tecnología les ha dado una fuerte ventaja comparativa, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. No sólo saben producir paquetes tecnológicos sino también incorporarlos a "paquetes empresariales" más complejos, que incluyen recursos financieros, acceso a los mercados (doméstico y extranjero), facilidades bancarias, personal altamente calificado, experiencia administrativa, publicidad y prestigio.

Sería un grave error creer que esta ventaja comparativa

es simplemente un truco publicitario, que se sustenta solamente en la propaganda y la penetración ideológica, que en definitiva no se trata más que de "un tigre de papel". Por el contrario, se trata de una auténtica capacidad, como lo demuestra terminantemente el hecho de que los países socialistas cada día adquieren más tecnología a las ET y no porque lo quieran, como es sabido, sino porque lo necesitan.

Tampoco hay que olvidar que las ET son muy pragmáticas. Como ha sostenido L.W. Steele, director de R-D Planning de la General Electric, "los hombres de negocios son posiblemente los más pragmáticos que existen y por eso tratan siempre de entender lo que pasa en el ambiente que los rodea y de responder adecuadamente" (citado por Steele, 1979).

Son, por lo tanto, negociadores muy duros, como lo sabe todo aquel que ha tenido que negociar con ellos. Pero también están siempre dispuestos a negociar con cualquiera, siempre que ello signifique la posibilidad de hacer un buen negocio. De ahí que estén dispuestos a negociar con socialistas, comunistas y tercermundistas, y que sean capaces de llegar a aceptar condiciones duras, como lo demuestran algunos acuerdos realizados con ciertos países. Pero no van a ceder cuando se trate de asuntos fundamentales, que afectan su bienestar y su supervivencia, como lo han probado en las muy duras discusiones realizadas en torno a la elaboración de un código de conducta para la transferencia de tecnología (Wionczek, 1979).

También hay que tener presente que, al menos en ciertos sectores –algunos de los cuales son muy importantes– hay suficiente competencia entre las diversas ET como para que un negociador competente y honesto pueda obtener condiciones razonables en la venta o alquiler de tecnología. En otras palabras, hay espacio para negociar, siempre que quien represente a un país subdesarrollado tenga la capacidad, el conocimiento y el poder necesarios para hacerlo con eficiencia.

VII. La tecnología en los países subdesarrollados

Sólo si se hace un esfuerzo deliberado para desarrollar las especialidades técnicas locales [...] será posible superar la dominación del Norte.

MÁXIMO HALTY CARRERE (1979)

Una de las consecuencias importantes de la creciente internacionalización de la economía mundial y de la espectacular revolución científico-tecnológica de las últimas décadas es que las fronteras nacionales se han vuelto muy permeables –y en muchos casos totalmente irrelevantes– al flujo de tecnología. En la actualidad todos los países, más allá de su tamaño, ubicación geográfica, organización sociocultural y sistema político o económico, están sumergidos en dicho flujo y han sufrido cambios muy profundos, en muchos casos irreversibles.

Denis Goulet (1977) ha afirmado:

> La tecnología afecta al desarrollo en cuatro aspectos: es un importante recurso para la creación de riqueza; es un instrumento que permite a sus propietarios ejercer controles sociales en distintas formas; incide decisivamente en la manera de tomar decisiones y está directamente relacionada con los esquemas de alienación.

Por todo ello, al mismo tiempo que la tecnología ha introducido la modernización y el cambio en todos los paí-

ses, ha aumentado el poder económico y político de los países más desarrollados y la dependencia tecnológica y la alienación cultural de los menos desarrollados. Para superar esta situación de desigualdad, estos últimos han propuesto, en los foros más diversos, el establecimiento de una política tecnológica de *self-reliance* que haga posible para cada país el desarrollo de una capacidad tecnológica autónoma. *El objetivo de dicha política es que cada país construya una capacidad propia que le permita tener una tecnología más adecuada a sus propios objetivos, más respetuosa de sus propios valores culturales y de sus características ecológicas, más interesada en servir a la satisfacción de las necesidades básicas de su población y más apropiada a su propia constelación de factores y recursos.* Si tal objetivo fuese alcanzado, se obtendría una significativa disminución –y eventualmente la eliminación– de la dependencia tecnológica y de la alienación cultural.

Sin embargo, es bien sabido que hasta ahora ha sido más fácil definir el *self-reliance* en términos generales que diseñar políticas e impulsar planes y programas que permitan su realización en un plazo razonable. Parte de esa dificultad se debe, sin duda, a que el problema es realmente muy complejo –mucho más de lo que se imaginan los que hablan de tecnología sin haber "hecho" nunca tecnología– y también a que se pretende atacarlo sin un cuidadoso análisis del comportamiento real de la tecnología en la economía de un país determinado.

El propósito de este capítulo es, precisamente, proponer una respuesta a la pregunta de qué es lo que debe hacer un país para adquirir capacidad tecnológica autónoma, de acuerdo con el conocimiento detallado de las características reales del flujo de tecnología que recorre su estructura productiva de bienes y servicios. La respuesta que propondremos pretende ser "operacional"; define pues el conjunto de operaciones que deberán ser realizadas por los distintos actores del "drama tecnológico": políticos, empresarios, obreros, burócratas, científicos, tecnólogos, consumidores, etc. Todos ellos participan, en grado diferente, en

este proceso, que por cierto tiene toda la complejidad que corresponde al *proceso social* del desarrollo tecnológico, que no transcurre en un aséptico laboratorio, sino en un espacio de intereses contrapuestos.

Antes de realizar nuestro análisis conviene, sin embargo, tener presente —como marco de referencia que nunca debiera olvidarse— el fenomenal abismo que separa al Norte del Sur en materia de ciencia y tecnología. Para ello, lo mejor es prescindir de toda retórica y presentar algunas cifras dramáticamente significativas, como las siguientes (*Facts*, publicación de la División de Información Económica y Social de las Naciones Unidas, Nueva York, 1979, citada por Trak y Mackenzie, 1980):

Distribución de gastos mundiales en R-D (1973)	*Miles de millones de dólares*	%
Total mundial	96,4	100,0
Países desarrollados	93,6	97,1
Países subdesarrollados	2,8	2,9
Científicos e ingenieros en R-D (1973)	*Miles*	%
Total mundial	2,279	100,0
Países desarrollados	1,990	87,4
Países subdesarrollados	288	12,6
Estudiantes universitarios (1975)	*Miles*	%
Total mundial	37,572	100,0
Países desarrollados	26,915	71,6
Países subdesarrollados	10,657	28,4
Estudiantes universitarios por cada 10 000 habitantes (1975)		
Países desarrollados	230	
Países subdesarrollados	38	

Para comprender el verdadero alcance de estas cifras conviene compararlas con las que corresponden a los gastos en armamentos, sin duda la actividad más irracional, pero también la que se desarrolla con más continuidad, y con las de la llamada "ayuda externa".

Katz (1978) sostiene que estas cifras (en miles de millones de dólares) eran, en 1976, las siguientes:

Gastos militares	
Total mundial	331
Países desarrollados	259
Países subdesarrollados	72
Exportaciones de armas a países subdesarrollados	
Total mundial	7,3
Países desarrollados	7,1
Países subdesarrollados	0,2
Ayuda económica externa	
Total mundial	18,9
Países desarrollados	13,5
Países subdesarrollados	5,4

Una lectura atenta y comparada de estas cifras es más elocuente que diez páginas de sustantivos, adjetivos y adverbios para describir la asimetría entre los países desarrollados y los subdesarrollados y para medir el gigantesco esfuerzo que supone cualquier intento de superar esa situación. Tanto se ha dicho al respecto en miles y miles de páginas que resulta innecesario repetirlo aquí. Nos parece más importante presentar un tipo de análisis que ha sido descuidado hasta el presente y que creemos ofrece perspec-

tivas muy interesantes para diseñar políticas tecnológicas viables.

1. El flujo de tecnología

En la estructura productiva de bienes y servicios de todo país el flujo de tecnología es una mezcla de tecnología nacional y de tecnología importada. Se trata de una consecuencia de que todo paquete tecnológico sea una mezcla de elementos tecnológicos producidos localmente e importados, incluso en los casos de paquetes que originalmente son 100% importados, ya que en ocasiones, debido a circunstancias locales —por ejemplo una nueva reglamentación gubernamental, la escasez de alguna materia prima, dificultades financieras, competencia, etc.— suele ser necesario introducir componentes domésticos en el paquete original.

Las proporciones relativas de tecnología nacional e importada en la mezcla varían notoriamente de un país a otro y, dentro de cada país, de un sector a otro y aun de una empresa a otra. De todas maneras es bien sabido que en los países desarrollados la tecnología nacional es casi siempre más importante, en los subdesarrollados lo habitual es que la mayor proporción corresponda a la tecnología importada. Más grave aún es el hecho de que la mayoría de estos países carecen de la experiencia, el conocimiento y el poder para obtener la tecnología importada más conveniente en los términos más favorables, por lo que realizan lo que se ha llamado una "importación ciega" de tecnología. Por eso mismo, mientras que en un determinado sector de un país desarrollado la "mezcla tecnológica" en uso puede ser modificada mediante cambios adecuados en la calidad y cantidad de tecnología nacional y de tecnología importada, ello es muy difícil de realizar en los países subdesarrollados.

En consecuencia, un país desarrollado dispone de capacidad tecnológica autónoma gracias a sus posibilidades de manejar a voluntad la mezcla tecnología nacional-tecnolo-

gía importada: con base en un conocimiento preciso de ambos componentes, ese país tiene los medios para mezclarlos en la forma más conveniente para obtener el flujo tecnológico deseado.

Es posible, también, establecer una definición operacional de "capacidad tecnológica autónoma" para un país subdesarrollado: se trataría de su capacidad para definir, establecer y controlar la mezcla tecnológica (tecnología nacional-tecnología importada) más apropiada y conveniente para satisfacer una determinada demanda.

Mediante esta serie de *operaciones* (definir, establecer y controlar) un país subdesarrollado sería capaz de controlar el flujo tecnológico y dirigirlo en la forma más conveniente para satisfacer sus propios intereses.

Se ha propuesto que la mejor manera de lograr ese control efectivo del flujo tecnológico sería a través de una drástica reducción de la tecnología importada y aun de su total eliminación (autarquía tecnológica). Hasta el presente, eso no se ha podido lograr en la práctica, como lo demuestra (una vez más) el reciente cambio en la política tecnológica de la República Popular China. Por lo tanto, debe aceptarse que en el flujo tecnológico habrá siempre un componente importado. Para que sea posible lograr una mezcla tecnológica, será pues imprescindible disponer de una capacidad para producir tecnología nacional, sin la cual sería ilusorio pretender controlar el flujo y lograr autonomía.

En consecuencia, un país subdesarrollado que intente crear una capacidad tecnológica autónoma a través del manejo del flujo deberá:

a) ser capaz de definir el flujo más apropiado para cada sector;
b) producir tecnología nacional en la cantidad y calidad necesarias para tal flujo; y
c) controlar la tecnología importada en todas las etapas de su incorporación al flujo, es decir, en la elección, la

negociación de los términos de su adquisición y la posterior utilización en la estructura productiva.

Con respecto al término "apropiado", que hemos empleado más arriba, cabe formular dos observaciones. En primer lugar, corresponde señalar que lo usamos como calificativo para el flujo, es decir, para la mezcla "tecnología nacional-tecnología importada". Lo corriente es hablar de "tecnología apropiada", pero esto suele llevar a creer que la tecnología debe ser original, desarrollada especialmente y que no debe estar "contaminada" con la tecnología importada. En realidad, en muchos casos, una mezcla de tecnologías viejas –con elementos nacionales e importados– suministra una respuesta más apropiada que la que podría obtenerse con una tecnología "pura" y "nueva". Por eso nos parece más adecuado hablar de *flujo* apropiado o de *mezcla* apropiada; de esa manera queda claro que no se trata de buscar originalidad o pureza por sí mismas, sino de suministrar el flujo que mejor satisfaga la necesidad planteada.

Nuestra segunda observación se refiere al marco de referencia para definir la mezcla apropiada de tecnología. Como la estructura productiva de cada país está regida por la política económica de dicho país, también la mezcla "tecnología nacional-tecnología importada" debe estar definida por esa política y según los términos de la misma. Dicho de otro modo, la política tecnológica integra la política económica. Por lo tanto, si esta última no está dirigida a obtener *self-reliance* del país sería imposible que su política tecnológica ignorase por completo la importancia de disponer de tecnología apropiada, sería un esfuerzo vano intentar obtenerla por la vía de la política tecnológica. Por ejemplo, sería inútil tratar de desarrollar tecnologías "intensivas en mano de obra" si la política económica está organizada con base en el capital como el factor "más barato y abundante". Debe haber, pues, plena compatibilidad entre política económica y tecnológica. Parece trivial señalarlo, pero muy frecuentemente, en países don-

de se proclama, con encendida retórica, una política de autonomía tecnológica, existe una política económica que favorece la importación indiscriminada de tecnología extranjera.

También es oportuno recordar que toda estructura productiva tiene su propia racionalidad, con reglas de juego establecidas y aceptadas, un determinado sistema de "castigos y recompensas" y un conjunto de canales utilizados de preferencia para los bienes y servicios que recorren dicha estructura. Como ya se ha señalado en el capítulo I, el suministro de tecnología a dicha estructura productiva deberá respetar su racionalidad; de lo contrario, ésta la rechazaría o, si se viese obligada a aceptarla, resultaría seriamente perjudicada. Hay una condición impuesta por la racionalidad que deberá ser celosamente respetada: el flujo de tecnología que se suministra a la estructura productiva (o a cualquiera de sus sectores) deberá ser continuo, confiable y recibido a través de canales que los empresarios y administradores conocen y aceptan. La falta de cumplimiento de esta condición es una de las principales razones del escaso éxito de muchas instituciones oficiales del R-D en países subdesarrollados, sobre todo cuando intentan llegar a la estructura productiva mediante disposiciones burocráticas muy alejadas de los canales comerciales normales.

Estamos ahora en condiciones de decir que, dentro del marco de referencia de una política económica determinada, el establecimiento de un flujo *apropiado* de tecnología para cada sector de la estructura productiva requiere un conocimiento detallado de las principales características del flujo que ya existe en ese sector.

Tales características son:

i) *Composición* del flujo en términos de tecnología nacional y tecnología importada, para poder así evaluar el "grado de dependencia tecnológica" ya existente en el sector y compararla con la que se desea que haya cuando se establezca el flujo apropiado.

ii) *Derechos de propiedad*, para saber quiénes son los propietarios de tecnología nacional y de tecnología im-

portada y en qué condiciones lo son (patentes, contratos de *know-how*, contratos de *leasing*, etc.). Es importante recordar que todo cambio que se proponga realizar en materia de tecnología –tanto nacional como importada– para obtener un flujo más apropiado deberá tener en cuenta estos derechos de propiedad.

iii) *Escala*, tanto con respecto a la dimensión actual del mercado como al uso eficiente de factores y recursos locales.

iv) *Productividad*, tratando de determinar la influencia del flujo en la productividad del sector en comparación con la que tienen otros factores.

v) *Costos* de la tecnología, tanto directos como indirectos.

vi) *Edad*, tanto en relación con flujos similares empleados en el mismo sector en otros países, como su propia velocidad de obsolescencia.

vii) *Deseconomías*, en términos de sus efectos negativos sobre el empleo, la distribución del ingreso, el gasto público, etcétera.

viii) *Impacto ecológico* (en relación con la salud, los recursos naturales, el hábitat, etc.).

ix) *Valor social*, tratando de determinar si el principal uso del flujo es para satisfacer las necesidades básicas de la población o para producir bienes y servicios destinados a una minoría privilegiada.

x) *Distribución*, tanto con respecto a regiones diferentes del país (para evaluar así "la concentración espacial" del flujo) como con respecto a las empresas (para evaluar la "concentración económica" del mismo).

Una vez conocidas todas estas características, el cambio del flujo actual a un flujo más apropiado requerirá modificar, en la forma más conveniente, todas las características que sean necesarias para lograr dicho flujo. Este proceso deberá efectuarse actuando tanto sobre la tecnología nacional como sobre la tecnología importada, en la forma que describiremos a continuación.

Durante la última década, la importación de tecnología en los países subdesarrollados ha sido intensamente estudiada por investigadores particulares, universidades, centros de investigación y organizaciones nacionales e internacionales. En particular, la UNCTAD ha estado muy activa en este campo, donde ha publicado valiosos informes –incluyendo un reciente *Manual para la adquisición de tecnología extranjera*, muy completo– y realizado importantes negociaciones políticas destinadas a mejorar la posición de los países subdesarrollados en todo lo referente a la importación de tecnología. Entre estos esfuerzos destacan los relativos a la elaboración de un código de conducta para la transferencia de tecnología, la introducción de modificaciones en el sistema de propiedad industrial (patentes, marcas, etc.), el programa referido a la industria farmacéutica, realizado en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), etcétera.

Sin el propósito de hacer una síntesis de todo lo que así se ha aprendido con respecto a la tecnología importada, nos referiremos a lo que creemos es la razón más importante para que los países efectúen sobre ella un control adecuado.

La tecnología no es neutra: con ella se transmiten los valores y las relaciones de producción imperantes en la sociedad donde se origina. Por lo tanto, su importación sin una previa fijación de criterios –particularmente dentro del actual sistema de propiedad industrial y sin una adecuada legislación sobre inversión extranjera– conduce a una concentración de poder económico y político en los países exportadores y a una alienación social y cultural de los países importadores a través de la "reproducción" de los valores importados. Un mecanismo adecuado de control debe tratar de transformar la importación "ciega" e indiscriminada en una importación "abierta" e inteligente.

La experiencia ha mostrado que, para ser eficiente, el control de la tecnología importada debe actuar en tres etapas diferentes del proceso de compra:

a) Cuando se elige la tecnología que se va a importar, en un esfuerzo por evaluar todas las consecuencias (económicas y otras) de dicha elección.
b) Durante la negociación de compra, para asegurarse que todos los elementos del paquete tecnológico que se adquiere estén claramente explicitados y que los términos de la operación sean objeto de un análisis cuidadoso.
c) Finalmente, cuando se comienza a usar la tecnología importada es conveniente vigilar su comportamiento y efectos, tanto sobre el sector como sobre el resto de la estructura productiva y aún sobre la sociedad como un todo.

Para manejar con autonomía la mezcla "tecnología nacional-tecnología importada" en un sector determinado, es necesario asegurar que el control que se efectúe sobre la tecnología importada tenga en cuenta las siguientes características principales:

i) *Naturaleza*, para lo cual convendrá clasificar las tecnologías importadas en tres categorías: de producción, de administración y de comercialización. Esto permitirá conocer, para el sector en cuestión, la importancia relativa de cada una de ellas en el total de tecnología importada por el sector. También puede ser conveniente, para las tecnologías de producción, distinguir entre tecnologías incorporadas y tecnologías desincorporadas.
ii) *Fuentes*, es decir los suministradores actuales de tecnología importada, aunque también convendrá conocer los eventuales suministradores potenciales de la misma o análoga tecnología.
iii) *Derechos de propiedad* que protegen a la tecnología

importada (patentes, contratos de *know-how*, contratos de expertos, etc.).
iv) *Costos*, tanto directos como indirectos y sus efectos sobre la balanza de pagos.
v) *Calidad*, en relación con el mercado local y con su propio grado de obsolescencia.
vi) *Impacto socioecológico*, es decir, sus efectos ecológicos negativos y sus efectos socioculturales.
vii) *Deseconomías*, de manera de poder evaluar la importancia relativa de la tecnología importada en las deseconomías del flujo.
viii) *Distribución por empresas*, de manera de conocer quiénes son los principales importadores.

Podemos ahora decir que, operacionalmente, controlar tecnología importada –una etapa imprescindible para tener capacidad de comando sobre la mezcla "tecnología nacional - tecnología importada"– significa tener la capacidad para actuar sobre ese conjunto de características de la tecnología importada e introducir los cambios necesarios para obtener la tecnología importada más conveniente.

Como el propósito es lograr el control del flujo, no habrá que actuar únicamente sobre la tecnología importada, sino también sobre la tecnología nacional. Esto es lo que analizaremos a continuación.

3. Tecnología nacional

Hasta hace algunos años se pensó (y en muchos países se sigue aún pensando lo mismo) que lo más importante para obtener una capacidad tecnológica autónoma es efectuar un estricto control de la tecnología importada. Para tal fin, varios países subdesarrollados establecieron instituciones especiales, generalmente denominadas "Registros Nacionales de Tecnología".

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que dichas instituciones son absolutamente necesarias, pero no pueden alcanzar el objetivo para el cual fueron creadas. Los

países subdesarrollados necesitan, además, tener su propia capacidad de *producción* de tecnología. Esta tarea se está convirtiendo en muy urgente, porque de lo contrario el control de la tecnología importada podría producir una peligrosa reacción contra todo control y, en consecuencia, una suerte de retorno a la política de *laissez-faire, laissez-passer*, lo que ya ha ocurrido en algunos países. En efecto, un control estricto de la tecnología importada, sin una adecuada provisión local de tecnología puede producir interrupciones en el suministro de tecnología a la estructura productiva, que entonces reaccionará enérgicamente reclamando que se levanten los controles para así poder obtener eficientemente la tecnología que necesita para su funcionamiento regular.

En lo que se refiere a la producción local de tecnología, la situación en la mayoría de los países subdesarrollados es muy mala. La producción es pobre en cantidad, muy heterogénea en calidad y muy discontinua. Esta situación suele atribuirse a la falta de una vigorosa infraestructura científico-tecnológica (instituciones, recursos humanos, equipamiento, información, etc.). Esto es verdad, pero no es toda la verdad. Nos parece que igualmente importante –o quizá aún más– es la falta de una cabal comprensión del papel de la tecnología en la estructura productiva y de las características de su actual modo de producción. Hasta que esto no se entienda claramente, no habrá una capacidad confiable de producción de tecnología nacional.

En la actualidad, una de las fuentes más importantes de la tecnología nacional es la modificación y adaptación de los paquetes tecnológicos importados, operación que en general no se realiza en instituciones de investigación especializadas sino directamente en las propias empresas. En la mayoría de los casos, éstas no realizan esas operaciones de adaptación y mejora en forma sistemática (aunque hay ejemplos de empresas que instalan sus propias fábricas de tecnología), sino a medida que así lo exigen las circunstancias. Es una especie de "R-D informal", que suele denominarse también "R-D implícito", muy semejante a lo que

nosotros hemos llamado "producción artesanal de tecnología", no porque en ella no se utilicen conocimientos científicos y técnicos (que en verdad se utilizan abundantemente), sino porque se trata de una actividad no organizada formalmente ni netamente diferenciada de otras que se realizan en la empresa y que tampoco se planifican con anticipación. Es fundamentalmente una respuesta a una necesidad, la necesidad de adaptar un paquete a las cambiantes circunstancias que imperan en el mundo de la realidad. No se la suele ver como una actividad autónoma, y por eso mismo no llega a alcanzar un status autónomo; más bien depende, generalmente, de la dirección de producción.

Un programa de investigación muy completo promovido conjuntamente por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) y realizado por un equipo muy competente dirigido por Jorge Katz, ha demostrado que esta forma de producir tecnología es realmente muy importante en las actuales condiciones de varios países de América Latina. En términos cuantitativos, el estudio muestra, por ejemplo, que en el caso de la industria del rayón en Argentina, donde la productividad de la mano de obra creció en un 46% en el período 1947-1967, el 66% de ese crecimiento debe atribuirse al R-D "implícito" (Maxwell, 1979). Resultados semejantes se han obtenido para otras industrias, como la del acero, el cemento y los cigarrillos. La conclusión de este trabajo es que, al menos en América Latina, la "producción artesanal" es un componente muy importante de la tecnología nacional.

Con el objeto de ilustrar las principales características de esta actividad, veamos algunos de los resultados obtenidos por Philip Maxwell, uno de los investigadores del equipo de Jorge Katz, al estudiar una importante empresa argentina, Acindar S.A., que produce unas 500 000 toneladas anuales de productos laminados (no planos) de acero. Su volumen de ventas está en el orden de los 200 millones de dólares anuales y emplea unas 5 000 personas en la producción

de acero, ventas y administración. La organización técnica de sus plantas es sumamente compleja e incluye departamentos de control de calidad, ingeniería industrial, ingeniería de mantenimiento, ingeniería de proyectos, etcétera.

Las principales conclusiones de Maxwell, después de analizar 54 casos de "R-D implícito" realizados por Acindar entre 1970 y 1974, son las siguientes:

i) Entre 1972 y 1974 Acindar gastó, en promedio, el 0,5% del volumen de sus ventas en proyectos de R-D. En ese mismo período, gastó entre 2,5 y 5 veces esa cantidad en otras tareas técnicas y de 9 a 14 veces la misma cantidad en la importación de equipos y bienes de capital.

ii) Durante esos años no existió en Acindar un departamento autónomo de R-D ni se asignó a esas tareas personal con dedicación total. En 1972-1973, las 117 personas que realizaron tareas de R-D dedicaron a las mismas sólo el 18,4% de su tiempo.

iii) Todos los proyectos de R-D analizados son modestos y están destinados principalmente a mejorar los procedimientos existentes o a lograr la diversificación de los productos. La mayoría de los proyectos se originaron en demandas específicas del mercado o en problemas específicos de la producción o del suministro de materias primas. Sólo unos pocos proyectos respondieron a sugerencias espontáneas del personal.

iv) Los objetivos de los proyectos fueron diversos: a) lanzamiento de nuevos productos (37% de los proyectos); b) aumento de la producción (24%); c) reducción de los costos de producción (17%); d) superación de las dificultades en el aprovisionamiento de materias primas (11%); e) mejoramiento de la calidad de los productos (9%).

Maxwell clasificó los 54 proyectos en dos grupos (proyectos experimentales y proyectos vinculados a inversiones) y en las nueve categorías siguientes:

1) Cambios en los procesos, incluyendo el diseño y la

ejecución de modificaciones a toda una línea de producción o alguna de sus etapas.
2) Cambios en los procesos, incluyendo modificaciones mecánicas en máquinas individuales o en subprocesos de producción.
3) Cambios para introducir métodos más rápidos y económicos de análisis químicos necesarios en los procesos de producción.
4) Modificaciones de líneas de producción existentes para adaptarlas a la producción de nuevos productos.
5) Adaptación de máquinas y equipos individuales para la realización de nuevas tareas.
6) Instalación de equipos de control de calidad nuevos y perfeccionados.
7) Cambios experimentales en los procesos, incluyendo modificaciones importantes en las variables principales.
8) Estudios para mejorar la calidad de los productos mediante modificaciones en los procesos.
9) Proyectos experimentales de desarrollo de nuevos productos y procesos, incluyendo, por un lado, estudios y pruebas para determinar las especificaciones de los nuevos productos y las variables de los nuevos procesos y, por el otro, pruebas a escala de planta piloto.

Se mencionan a continuación algunos de los proyectos concretos de R-D implícito realizados por Acindar:

No. 01: Galvanizado de alambre por inmersión caliente.
No. 02: Modificaciones de hornos de precalentamiento.
No. 20: Estudio de optimización para el tratamiento térmico de ciertos aceros.
No. 37: Reducción del tiempo de producción de acero mediante el empleo de nuevos métodos de análisis.
No. 09: Máquina de torsión en tres etapas.
No. 41: Prueba de una nueva técnica de ultrasonido.
No. 39: Nuevo método de análisis químico.

No. 47: Modificaciones en la máquina standard Aetna, de trefilar.
No. 33: Corte de lingotes de acero con llama de oxígeno.

Estos ejemplos concretos demuestran acabadamente que la producción artesanal de tecnología no es, precisamente, una actividad hecha a "martillazos". Utiliza física, química, metalurgia, ingeniería química, ingeniería mecánica, electrónica, etc., y enfrenta problemas difíciles, complejos y caros. (Por ejemplo, el proyecto No. 21 costó más de 300 000 dólares). De todas maneras, como sostiene Maxwell en forma categórica, "no hay personal de Acindar dedicado a R-D ni hay ningún departamento específico de R-D"; en nuestro lenguaje, Acindar no tiene una fábrica de tecnología.

Pese a su gran importancia, esta actividad de "R-D implícito" es prácticamente ignorada por las instituciones gubernamentales responsables del desarrollo científico-tecnológico de los países subdesarrollados. Lo que ocurre es que la misma no responde al modelo, corrientemente aceptado, de que la tecnología es "ciencia aplicada" y por lo tanto *debe* ser producida en institutos de investigación donde se hace "buena ciencia". La política oficial es establecer institutos nacionales de investigación industrial y confiar que en su momento producirán la tecnología requerida por la estructura productiva. Lamentablemente, como ya lo hemos señalado varias veces, estas instituciones no están organizadas como empresas de tecnología y en consecuencia no funcionan en términos de factores económicos sino como unidades académicas, más interesadas por la calidad científica y técnica de sus resultados. Tampoco realizan tareas de compra de tecnología y, en cuanto a la venta, pretenden realizarla a través de "servicios de extensión", en lugar de recurrir a los canales comerciales habituales. En tales condiciones, no es extraño que sus logros sean muy inferiores a los esperados y a los necesarios.

En resumen, la situación actual en los países subdesarrollados con relación a la tecnología nacional es que la pro-

ducción artesanal de tecnología, que de hecho existe y es importante, no recibe prácticamente ningún apoyo gubernamental, y que tampoco hay una política decidida encaminada al desarrollo de la producción industrial de tecnología.

Según el criterio operacional que hemos propuesto para resolver el problema de la adquisición de una capacidad tecnológica autónoma, se requiere actuar con la máxima eficiencia sobre la producción –artesanal e industrial– y la comercialización de tecnología, de manera de poder presentar una oferta tecnológica capaz de reemplazar a la tecnología importada que haya que desplazar por inconveniente.

Para terminar, a veces suele presentarse una objeción a la instalación de fábricas y empresas de tecnología con miras al desarrollo de una capacidad industrial de producción de tecnología, como si ello no fuera necesario ni conveniente para los países subdesarrollados, donde no se requeriría la tecnología moderna que suele producirse en esas unidades. En otras palabras, se las considera irrelevantes para el presente estado de desarrollo de muchos países.

Tal objeción es incorrecta porque ignora que las fábricas y empresas de tecnología son *instrumentos*, organizaciones aptas para producir la tecnología que se les exija, que puede o no ser la más moderna, según las necesidades de quien la requiera. Su función es, como lo hemos dicho y reiterado, producir paquetes tecnológicos haciendo uso de todo el conocimiento indispensable, cualquiera que sea su origen, edad o naturaleza.

Para poder desarrollar una capacidad de control del flujo, hay que desarrollar una capacidad propia para la producción continua y confiable de tecnología nacional. Las bases de una política de *self-reliance* en tecnología, de una política que tenga en cuenta la realidad de la estructura productiva y que pueda ser aplicada adecuadamente y con razonable eficiencia, son el control de la tecnología importada y el control de la tecnología nacional.

El método operacional propuesto para lograr una capacidad tecnológica autónoma se basa, pues, en el conocimiento detallado de las características reales del flujo de tecnología y de sus componentes (tecnología nacional y tecnología importada). Los mecanismos de aplicación de este método dependerán, por supuesto, de las características de la estructura productiva de cada país y de cada sector económico. No es posible, por lo tanto, seguir avanzando en esta dirección sin examinar países y sectores. Por eso, volcaremos nuestra atención a una determinada situación concreta, la del desarrollo tecnológico de los países de América Latina. Nos parece oportuno, en primer término, realizar un balance de lo que se ha hecho, para poder evaluar la situación actual en la región.

Es importante señalar que en las dos décadas siguientes al final de la Segunda Guerra Mundial, se trabajó intensamente en América Latina con el propósito de crear una infraestructura científico-técnica, de crear conciencia pública sobre la importancia de la ciencia y la impostergable necesidad de su desarrollo en nuestros países, campaña que culminó exitosamente con la creación de facultades de ciencia en muchas universidades latinoamericanas, institutos, centros de investigación y consejos nacionales de investigaciones científicas y técnicas. Sin embargo, la tecnología no fue muy importante en ese esfuerzo, porque se suponía que una vez puesta en marcha la capacidad de producir ciencia, ésta fluiría de manera continua y se incorporaría sin mayores dificultades a la estructura productiva, que la estaba esperando ansiosamente. Es recién en la última década que la atención se centra en problemas como los siguientes. ¿Cuándo, por qué y cómo se crea demanda de ciencia en una circunstancia determinada? ¿Cuáles son las relaciones entre ciencia y tecnología? ¿Es ésta simplemente "ciencia aplicada"? ¿Cómo circulan los flujos de la oferta y la demanda de tecnología por los distintos circuitos socioeconómicos? ¿A quiénes sirven los resultados de la

investigación científico-tecnológica? ¿Por qué no se relacionan adecuadamente la estructura productiva y la infraestructura científico-técnica? ¿Qué relaciones hay entre tecnología e inversión extranjera? ¿Qué es la dependencia tecnológica? Estas cuestiones y otras similares han sido estudiadas con profundidad y originalidad, lo que ha permitido concretar avances significativos tanto en lo *académico* (es decir en el campo de los estudios e investigaciones de la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia), como en lo *político* (el campo de las acciones realizadas con el objeto de utilizar la ciencia y la tecnología para el logro de determinados objetivos del desarrollo económico-social). Se mencionan a continuación algunos de estos avances:

Reconocimiento de la existencia de obstáculos estructurales al progreso científico-técnico.

Se ha logrado establecer la diferencia entre política científica explícita y política científica implícita, comprender las causas del comportamiento corriente (hostilidad, tibio apoyo o indiferencia) de las élites gobernantes frente a la ciencia y la técnica, explicar ciertas contradicciones aparentes, como el adelanto relativo de ciertas ramas de la ciencia (como la biología) y el atraso de otras (como la geología), descubrir las consecuencias del modelo de desarrollo por sustitución de importaciones en la incorporación de tecnología, tomar conciencia de la existencia de una nueva división internacional del trabajo centrada en la producción y el consumo de tecnología, etc., como resultado práctico, se llegó a la formulación explícita de políticas científicas y tecnológicas y a la creación de órganos para su ejecución (a nivel de ministerio y secretarías de Estado). Ejemplos destacados son las decisiones 84 y 85 del Pacto Andino, el Plan de Ciencia y Tecnología preparado por el CONACYT de México (1976), la organización del Conselho Nacional de Pesquisas (CNP), en Brasil, etcétera.

Reconocimiento de la importancia de la tecnología como portadora de valores.

De este modo, se adquirió conciencia de que con ella no sólo se importa un conjunto ordenado de conocimientos, sino también las relaciones de producción que le dieron origen, las características socioculturales del mercado para la cual fue originalmente producida, etc. Como si fuese un "código genético" que estuviese inserto en su estructura, la tecnología transmite el sistema de valores para la cual fue diseñada. Esto confiere a la dependencia tecnológica alcances mucho más vastos que los estrictamente económicos.

Estudio en profundidad del comercio de tecnología a partir del reconocimiento de que ésta es una valiosa mercancía en el sistema productivo, y de que la parte más importante del tráfico de tecnología se realiza por vía del comercio y no de la transferencia sin pago.

El estudio del mercado de tecnología permitió poner en evidencia sus imperfecciones, sus deformaciones más groseras y las prácticas desleales, y logró penetrar en el recinto de la propiedad industrial y descubrir la importancia de la "desagregación de tecnología" o "apertura del paquete" en la importación de tecnología. Como consecuencia, se adoptaron algunas medidas para analizar y controlar la tecnología importada (por ejemplo, la creación de los Registros de Tecnología), para regular sus relaciones con la inversión extranjera (Decisión 24 del Pacto Andino), para reformar la legislación sobre propiedad industrial (como en Brasil y México), etcétera.

Comprobación de que la mayor parte de la tecnología importada lo ha sido por vía de la inversión extranjera directa y reconocimiento de la importancia creciente del papel de las empresas transnacionales en la producción y comercialización de tecnología.

Quedó demostrado el tráfico cada vez mayor de tecnología entre las matrices y las filiales de las ET. Se probó, asimismo, que el concepto de propiedad industrial se ha ampliado hasta incluir a aquella que no está jurídicamente protegida, a la que se llama cuasi-propiedad (*know-how*, servicios de ingeniería, nombre comercial, participación en el mercado, etc.), a la cual corresponde un volumen cada vez mayor de operaciones comerciales tecnológicas.

Comprobación de que, como consecuencia del proceso de industrialización, se verifica una creciente "tecnologización" de América Latina.

En los distintos estratos de la sociedad, una mayor cantidad de personas ha adquirido capacidades científicas o habilidades técnicas, habiéndose producido un cambio cualitativo importante en la estructura del empleo. La producción local de tecnología es pequeña, comparada con el flujo de tecnología importada, pero se registran algunos éxitos alentadores (PEMEX en México, maquinaria agrícola en Argentina, máquinas herramientas en Brasil, etc.) así como avances en la desagregación o "apertura del paquete tecnológico" (central nuclear Atucha, en Argentina; plan siderúrgico brasileño; petroquímica en el Pacto Andino, etc.) y una actividad creciente en relación con la adaptación de tecnología importada a las necesidades locales. Por lo tanto, de ningún modo puede afirmarse que la actividad innovadora interna sea inexistente. Incluso se han realizado exportaciones importantes de tecnología incorporada y desincorporada y se han adoptado medidas para su apoyo y fomento (crédito preferencial, desagravaciones impositivas, tasas de cambios favorables). Las exportaciones intrarregionales de capital y tecnología, especialmente desde las tres naciones mayores, ya ha comenzado a tener significación. En 1975, Brasil exportó tecnología desincorporada por 135 millones de dólares, mientras que en 1967 sólo había exportado por 3 millones.

Análisis críticos de la cooperación y ayuda científico-técnica multilateral y bilateral y de sus organismos y agencias de ejecución.

Las conclusiones de estos análisis han llevado a impulsar una nueva estrategia de cooperación y negociación en el nivel regional (OEA y SELA), subregional (Pacto Andino) e internacional (organismos de las Naciones Unidas) y a plantear una actitud diferente frente a los Estados Unidos (declaración de la conferencia CACTAL, posición en la ONUDI y en la UNCTAD, etc.).

Aumento de la capacidad propia en consultoría e ingeniería hasta alcanzar, en algunos casos, escala internacional en calidad y cantidad.

Esto ha permitido la extensión de los servicios, en competencia abierta, fuera de las fronteras nacionales y aún fuera de América Latina.

Aumento significativo del intercambio científico-técnico entre los países de la región y con el resto del mundo.

Hasta aquí se han reseñado los avances más significativos. Para completar el balance, corresponde referirse a los aspectos en los que no se ha avanzado o incluso se ha retrocedido. Quizá los más importantes sean el escaso impacto, en el plano de la tecnología, de los planes de desarrollo científico-técnico aplicados en distintos países y el fracaso en la búsqueda de un funcionamiento armónico de la estructura productiva y de la infraestructura científico-tecnológica. A diferencia de la ciencia, que puede desarrollarse en el ámbito aislado de una universidad, una academia, un instituto o un laboratorio, la tecnología transcurre en un espacio social muy vasto, el de las unidades de la estructura productiva, con la activa participación de actores muy diversos. En particular, los empresarios y gerentes en el sector industrial y los campesinos en el sector agrícola son

elementos fundamentales para introducir tecnología en sus respectivas actividades. Pero estas actividades se han mantenido, hasta el presente, totalmente aisladas de las políticas, estrategias, planes, organismos y acciones relacionadas con el desarrollo tecnológico y, en consecuencia, han quedado como flotando en el vacío socioeconómico, sin ajustarse, de un modo efectivo, a la realidad. En resumen, hasta ahora, la tecnología se ha manejado más como dato que como variable operativa a la que deben aplicarse las herramientas de la política económica para lograr algún impacto en la realidad.

La importación de tecnología, tanto por las filiales de las ET como por las empresas privadas nacionales y por las empresas del Estado, se realiza atendiendo primordialmente a los intereses microeconómicos de dichas empresas y sin tener en cuenta las consecuencias ecológicas, socioeconómicas y culturales. Al importar se acepta implícita o explícitamente, que ciertos supuestos son verdades absolutas:

a) que la tecnología proveniente de los países centrales es la única, la mejor o la más conveniente;

b) que la tecnología es neutra, es decir, libre de valores;

c) que toda tecnología "moderna" es, por definición, la que mejor puede servir para el desarrollo;

d) que esa tecnología está suficientemente probada y por lo tanto no hay riesgos en su introducción.

Se deja de lado que tales tecnologías están pensadas para la constelación de factores y recursos del país donde fueron creadas; que por eso mismo son intensivas en capital y energía; que atienden fundamentalmente a la satisfacción de las necesidades de sectores de su población que, por sus ingresos, están muy por encima de los sectores populares del país importador, por lo que una tecnología que en un país central sirve para dar satisfacción a gran número de

consumidores, en un país periférico sirve solamente para selectas minorías, etcétera.

En lo que se refiere a la producción local de tecnología, no se la ha fomentado adecuadamente, no se le ha dado la protección indispensable para poder competir con la tecnología importada ni se han sabido montar medios de producción eficientes.

Los estudios sobre tecnología en alimentación, vivienda y salud son inferiores en calidad y cantidad a los realizados para el sector industrial, con lo que aquellos han recibido poca atención, mientras ha seguido aumentando la importación de tecnología destinada a atender la producción para el consumo de sectores privilegiados.

Se carece aún de una buena teoría sobre el papel del Estado como productor y propietario de unidades (industrias, bancos, comercios, seguros, etc.) que son grandes consumidores de tecnología y que frecuentemente se comportan con respecto a la ciencia y la técnica en forma tanto o más regresiva que el sector privado, desmintiendo así la creencia de que la nacionalización o estatización de una unidad productiva basta para terminar con su dependencia tecnológica.

La fuga de cerebros ha continuado y en varios países ha aumentado, debido, sobre todo, a la persecución política y la discriminación ideológica.

La demanda de tecnología local sigue siendo débil, porque para la racionalidad imperante en la estructura productiva continúa siendo más conveniente importar tecnología que producirla o adquirirla localmente.

La cooperación regional y subregional, esencial para poder alcanzar masa crítica y así poder atacar en común el cúmulo de problemas que deben ser resueltos, marcha lentamente, y sobre todo con muy escasa capacidad de llevar a la práctica los compromisos formales que se suscriben. No se han establecido mecanismos de cooperación comercial en materia tecnológica.

La dependencia tecnológica y el dualismo tecnológico han sido denunciados con vigor, pero no estudiados con

profundidad, y se carece aún de una estrategia adecuada para resolverlos.

En ningún país del área, con excepción quizás de Brasil, se ha pasado aún de una estrategia *defensiva* (limitada al refuerzo de la infraestructura, funcionamiento de registros de tecnología, etc.) a una estrategia *ofensiva* (con énfasis en la producción de tecnología y en una negociación agresiva con los proveedores externos de tecnología). Es urgente reconocer que la estrategia defensiva tiene un techo estructural y operativo y que la superación de esa limitación sólo podrá lograrse vía una estrategia ofensiva.

La infraestructura científico-técnica no sólo no está acoplada a la estructura productiva sino que tampoco lo está con su propio "dueño", que es el Estado, lo que prueba que los obstáculos institucionales, de naturaleza sociopolítica y cultural, pueden ser tan importantes como los estrictamente económicos.

El esfuerzo propio en desarrollo científico-tecnológico sigue siendo débil, y únicamente en Brasil se programó un cambio significativo (mediante el Segundo Plan de Desarrollo Científico y Tecnológico, que proyectó inversiones del orden de los 2 700 millones de dólares para el trienio 1975-1977). Los recursos económicos, materiales y humanos continúan siendo utilizados con muy baja eficiencia y el personal calificado todavía no recibe un adecuado reconocimiento social y político.

En los esfuerzos mencionados es notoria la ausencia de producciones y decisiones referentes a la relación entre tecnología y calidad de vida en el sentido más amplio. Si tal situación no se corrige a la brevedad, las consecuencias serán graves.

Esta reseña de la situación actual define el marco de referencia en el cual habrá que precisar objetivos y estrategias en relación con la mejor utilización de la tecnología en el desarrollo socioeconómico de América Latina. Conviene destacar tres conclusiones.

a) Se tiene ahora clara conciencia de que la problemática

es sumamente compleja, mucho más de lo que ingenuamente se creía en las décadas anteriores. Como lo expresa claramente Máximo Halty: "El primer paso para resolver un problema es saber que el problema existe. Ese paso ha sido dado. Se han ido descartando también las soluciones simplistas: el problema no se resuelve con la sola formación de personal técnico calificado y el aumento de fondos para la investigación. La evaluación y el control de la importación de tecnología, con toda su importancia estratégica, tampoco constituye, por sí sola, una solución total. Ambas son condiciones necesarias, pero no suficientes."

b) Los países de América Latina son fundamentalmente consumidores de tecnología, pero pobres productores. Por lo tanto, son espectadores y no actores, receptores pasivos de lo que otros realizan en función de sus propias necesidades e intereses; adoptan entonces, inexorablemente, la *Weltauschaung* de los proveedores, frente a lo cual para nada sirve la mera protesta retórica. Surgen así dos posiciones igualmente nefastas: la peor de las tecnolatrías, la del mimetismo o copia, y la denuncia furibunda contra la tecnología, que esteriliza al no proponer alternativas viables.

c) La cooperación internacional se ha ejercido particularmente en la interfase ciencia-tecnología, y los mayores esfuerzos se han aplicado a la creación y refuerzo de la infraestructura científico-técnica (formación de personal, intercambio de científicos y técnicos, equipamiento de laboratorios y plantas pilotos, creación de instituciones, establecimientos de servicios técnicos, etc.) y a la investigación académica y de campo sobre los múltiples aspectos de la problemática ciencia-tecnología-desarrollo. Son pocos los programas aplicados a la interfase tecnología-estructura productiva, y hasta ahora esos programas han tenido alcances y recursos muy limitados.

En estas condiciones no cabe duda de que la próxima etapa deberá centrarse en objetivos directamente relaciona-

dos con la tecnología como variable operativa *en* y *para* el sistema productivo, y desarrollarse según estrategias *ofensivas* y globales acordes con los objetivos y estrategias del desarrollo socioeconómico. Se plantea de inmediato una cuestión previa y fundamental: teniendo en cuenta la pluralidad de naciones que integran el continente, cada uno con sus propios intereses y su propia concepción del desarrollo económico y social ¿será factible definir objetivos y estrategias que sean de utilidad para todos, de manera de hacer posible y conveniente una *cooperación* sólida y permanente? No se trata, únicamente, de la cooperación para reforzar la infraestructura científico-técnica (que no sólo puede y debe continuar, ya que para ella existen bases firmes) sino también del área del desarrollo socioeconómico. Una cosa es cooperar en el intercambio de becarios y profesores, en la organización de cursos y seminarios, en el equipamiento de bibliotecas y laboratorios, etc., y otra, muy distinta, es enfrentar problemas tan cargados de poder e intereses como la regulación de la importación de tecnología, la reforma de las leyes de propiedad industrial, la evaluación de la tecnología en relación con la distribución del ingreso, etc. Lo que es conveniente y deseable para el país A puede no serlo para el B: por ejemplo, A puede buscar su desarrollo socioeconómico mediante una extrema liberalización frente a la inversión extranjera y su tecnología, mientras que B, en cambio, puede perseguir el mismo objetivo mediante la restricción y el control de esa inversión. El país C confía, por ejemplo, en mejorar sus exportaciones no tradicionales mediante una incorporación masiva de tecnología importada, mientras que D da prioridad a satisfacer las necesidades básicas de su población rural (alimentación, salud y vivienda) y opta por reducir notoriamente la importación de tecnología destinada a la producción suntuaria, aplicando sus mayores esfuerzos al desarrollo de tecnologías autóctonas, etcétera.

Esto es consecuencia de la naturaleza misma de la tecnología y de su participación plena en el proceso productivo,

por lo que todo lo que le concierne está necesariamente vinculado a conflictos de intereses entre clases, grupos, estamentos, países, etc. Cualquier decisión sobre tecnología *beneficia* a algunos y *perjudica* a otros, en forma análoga a lo que ocurre con otras variables del progreso socioeconómico, como los salarios, las rentas, los intereses, etc. Por sí mismo, esto no tiene nada de malo, porque es consecuencia natural de las reglas de juego que imperan en la sociedad; lo realmente importante es *tener conciencia* de que ello es así, y esto suele olvidarse o ignorarse, quizá porque con frecuencia se confunde tecnología con ciencia. En materia científica, los conflictos suelen ser académicos, mientras que en materia tecnológica son políticos. "La capacidad de la tecnología para transformar la naturaleza y la orientación del desarrollo es tal, que quien controla la tecnología, controla el desarrollo. Se trata pues de una cuestión primordialmente política" (Fundación Dag Hammarskjold).

Nuestra tesis es que, por lo menos, es posible definir un objetivo que, siendo propio para cada uno de los países, permite y hace deseable la cooperación entre todos. Este objetivo, válido, por definición, para toda nación soberana, es alcanzar *capacidad autónoma de manejo de la tecnología*, de manera de poder así dirigirla y emplearla en forma más adecuada y conveniente a sus intereses y objetivos. Por contrapuestos que sean los intereses de las naciones A y B, o de C y de D, a todas y a cada una le conviene *saber manejar* la tecnología, de la misma manera que le conviene saber manejar los impuestos, la moneda, la distribución del ingreso, el comercio exterior. Sólo en la medida en que una nación adquiera dicha capacidad de manejo podrá alcanzar la meta deseada de transformar a la tecnología en una herramienta propia de su desarrollo, en una variable operativa *en* el sistema productivo, sometida a las propias decisiones y no a las decisiones ajenas. En este juego complicado el dilema es crucial: o se maneja la tecnología o se termina manejado por ella. Lo que cada nación haga con la tecnología una vez que aprenda a manejarla, dependerá exclusivamente de su propia política; sus decisiones en esta mate-

ria se tomarán según sus propios planes y programas, acordes con las características singulares de su realidad y de su grado de interdependencia con las demás naciones.

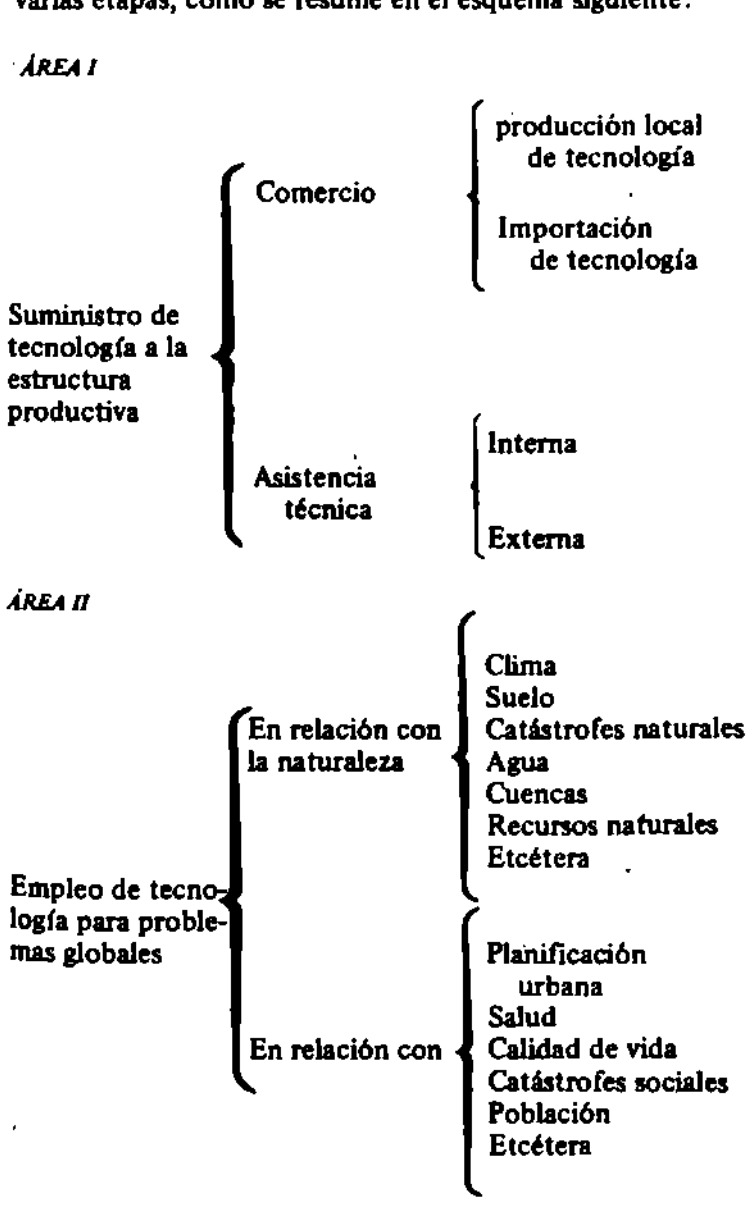
¿Por qué la búsqueda de este objetivo hace deseable la cooperación entre naciones? En primer lugar, porque la cooperación amplía el espacio nacional y permite lograr escalas de operación razonables. En segundo lugar, porque la cooperación contribuye a desarrollar la capacidad para identificar y formular demandas tecnológicas específicas, capacidad de la que notoriamente se carece en la actualidad. Finalmente, porque concede una posición más fuerte en las negociaciones con Estados Unidos y otros países proveedores de tecnología a la región.

Considerado como proceso político y social, saber manejar la tecnología significa estar en condiciones de definirla en los términos más adecuados y convenientes a los objetivos propuestos, de producirla con sus propios medios, de elegirla del *stock* presente (propio o ajeno) y, finalmente, de emplearla en la realidad socioeconómica existente. Conviene distinguir dos áreas.

La primera es la de la estructura productiva de bienes y servicios. En ella la tecnología se comporta como una mercancía y el problema consiste en el fluido y confiable *suministro*, en calidad y cantidad, de la tecnología necesaria para su adecuado funcionamiento, suministro que debe realizarse respetando la racionalidad propia de esa estructura productiva y según los mecanismos y canales que operan normalmente en ella.

La segunda área corresponde a los "problemas globales". En ella, manejar la tecnología significa saber emplearla eficazmente para la solución de problemas que, por su propia naturaleza, exceden el marco de la estructura productiva, como el control del clima, el desarrollo de cuencas hidrográficas, el manejo de las selvas o los desiertos, la producción y el control de catástrofes naturales, el planeamiento urbano, el control del medio ambiente, la protección de la salud, etcétera.

En las dos áreas, el manejo de la tecnología comprende varias etapas, como se resume en el esquema siguiente:



Es evidente que las reglas de juego y los actores principales son diferentes en las dos áreas. En la primera impera el sistema económico y los protagonistas son los empresarios (privados y públicos, nacionales y extranjeros, industriales, comerciales y agropecuarios) porque ellos son los responsables directos de producir los bienes y servicios y por lo tanto de tomar las decisiones finales respecto a la tecnología que van a emplear. El Estado participa en su doble función de regulador y controlador de la estructura productiva y de propietario de empresas productoras. En la segunda, en cambio, el sistema de castigos y recompensas es primordialmente el que rige el comportamiento del Estado como responsable del manejo del territorio nacional y de sus recursos, de la salud y protección de sus habitantes, del equipamiento urbano, de la defensa ante las catástrofes naturales y sociales, etcétera.

En ambas áreas, la *producción local* de tecnología es un elemento esencial para alcanzar la capacidad autónoma deseada, porque permite un mejor manejo de la importación de tecnología y de la asistencia técnica. Una buena capacidad productiva propia refuerza significativamente la capacidad de negociación de un país.

Para lograr un manejo adecuado del suministro de tecnología en el área I, los países de América Latina tendrían que preocuparse primordialmente de *fomentar la producción* local de tecnología y de *controlar la importación* de tecnología. Ambos procesos deben ser realizados simultáneamente, ya que uno se apoya en el otro, porque no se pueden sustituir importaciones si no se tienen sustitutos locales y no se puede producir localmente sin un cierto margen de proteccionismo de la producción extranjera.

El fomento de la producción requiere actuar sobre la demanda y sobre la oferta. La promoción de la demanda de tecnología local sólo puede resultar exitosa si se adecúa la racionalidad vigente en la estructura productiva a ese objetivo, lo que significa utilizar incentivos fiscales, económicos y financieros para aumentar el consumo de tecnología local y establecer penalidades del mismo tipo para

el uso innecesario de tecnología importada. Deberá necesariamente establecerse un cierto grado de *proteccionismo tecnológico*, pero no mediante aranceles *ad valorem*, sino mediante preferencias de tipo cualitativo, ya que en general la tecnología se compra en atención a su "calidad", y a la confianza que inspira su proveedor, más bien que a su precio. Un mecanismo posible de proteccionismo tecnológico cualitativo consiste en dar preferencia a firmas locales de consultoría e ingeniería en estudios de factibilidad y trabajos de diseño para proyectos de inversión del sector público, como en la legislación argentina denominada de "contrato nacional"; la compra de bienes de capital de producción local; la contratación de personal calificado de origen local, etcétera.

Para mejorar la oferta habrá que reforzar la infraestructura científico-tecnológica y fomentar la instalación y operación de empresas productoras de tecnología, de servicios de consultoría, de servicios de ingeniería y diseño, de servicios técnicos auxiliares. Dicho fomento deberá también realizarse según los mecanismos y procedimientos aceptados y en uso en la estructura productiva: crédito bancario, reducción de impuestos y otros beneficios fiscales, etc. La producción cuasi-artesanal que se realiza en empresas de la estructura productiva también debe recibir promoción adecuada, por ejemplo permitiendo la deducción impositiva de los gastos dedicados a la producción de tecnología, recibiendo créditos "blandos" para el desarrollo de prototipos y para el montaje y operación de plantas piloto, etcétera.

El fomento de la producción debe complementarse con un enérgico *fomento de la exportación* de tecnología, que ya ha comenzado exitosamente en varios países de América Latina y que promete crecer explosivamente en las próximas décadas, sobre todo en dirección al Tercer Mundo, donde países que están aún en una etapa anterior del desarrollo encuentran que las tecnologías provenientes de América Latina son más adecuadas que las que provienen de los países centrales. En particular, la exportación de

servicios tecnológicos reviste suma importancia, especialmente porque prepara el terreno para la posterior exportación de activos tecnológicos, de bienes de capital, etcétera.

En cuanto al *control de importación*, su objeto principal no es reducir su volumen sino mejorar la calidad y relevancia de lo que se importa, condicionarlo a las necesidades y recursos locales y mejorar los términos bajo los cuales se realiza. En realidad, la importación de tecnología no sólo no se va a reducir, sino que es muy probable que aumente, en la medida que se profundice y extienda el desarrollo de América Latina. Lo fundamental es evitar la importación superflua, reemplazarla por importación esencial y negociarla según condiciones justas y no restrictivas.

De lo anterior resulta evidente que las políticas de fomento de la producción de tecnología y de control de su importación deben ser coherentes entre sí, de manera de asegurar un suministro fluido de tecnología adecuada a la estructura productiva.

5. Empresas de tecnología para América Latina

Una conclusión evidente del balance que acabamos de realizar es que sería de gran importancia para América Latina la introducción del nuevo modo de producción de tecnología mediante la instalación de fábricas y empresas de tecnología en todos los sectores en que sea posible. De ese modo, se impulsaría eficientemente la posibilidad de alcanzar tres objetivos fundamentales:

- Aumentar la capacidad autónoma, en América Latina, para producir, distribuir y utilizar tecnología.
- Contribuir al desarrollo y utilización de las tecnologías imprescindibles para atender las necesidades básicas de la población (alimentación, vivienda, salud, educación, etcétera).
- Promover y llevar a la práctica la cooperación tecnológica entre los países de la región.

Es importante tomar conciencia de que existen varias condiciones favorables para instalar un buen número de empresas de tecnología.

En primer término, la mayoría de los países latinoamericanos tienen ya una cierta infraestructura científico-técnica: hay laboratorios, centros de investigación, laboratorios de control de calidad y ensayos, firmas de ingeniería, consultoras, empresas productoras de bienes de capital, etc., que pueden ser núcleos iniciales para instalar empresas de tecnología. Incluso existen numerosas instituciones que ya son empresas —aunque no lo sepan— o que podrían serlo con muy pocos cambios.

En segundo lugar, hay una buena capacidad de producción de recursos humanos, en cantidad y calidad. En verdad, la región en su conjunto es víctima de la fuga de cerebros, que se ha convertido en un mal crónico y que prueba, en definitiva, su capacidad para producir recursos humanos, de buen nivel y su incapacidad para emplearlos adecuadamente.

Por otra parte, existe un número considerable de empresas estatales que operan en industrias tan dinámicas como la siderurgia, el petróleo, la energía eléctrica, la energía nuclear, la industria naval, la industria ferroviaria, las comunicaciones, etc. Algunas de estas empresas son las más grandes de toda América Latina, como ocurre con PEMEX (México), Petrobrás (Brasil), Compañía Vale do Rio Doce (Brasil), Petroven (Venezuela), Eléctrobrás (Brasil), etc. Y la mayoría de ellas tienen sus propios centros de R-D, algunos de los cuales ya han adquirido importancia internacional, como la Comisión de Energía Atómica de la Argentina, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Centro de Investigaciones de Electrobrás, en Brasil, etc. También estas grandes empresas han ayudado al desarrollo de firmas de consultoría, de ingeniería, de control de calidad, etcétera.

En cuarto lugar, las empresas latinoamericanas pequeñas y medianas no tienen dimensión suficiente para instalar grandes fábricas de tecnología, pero están en condiciones de asociarse para instalar empresas de tecnología al servicio de un conjunto de ellas o de varios conjuntos.

Por último, en el caso de las tecnologías necesarias para atender a las necesidades básicas, prácticamente todos los países del área enfrentan problemas similares. A este respecto, la CEPAL ha sostenido:

> La investigación que tiende a resolver problemas relacionados con la calidad de vida tiene importancia especial en las áreas en las que todavía existe pobreza y marginalidad económica, social y cultural . . . (pero) el aumento del empleo, la producción de bienes baratos para el consumo de las masas populares y la conservación de los recursos naturales no están en la línea de prioridades de la investigación que realizan las empresas industriales privadas. (Maxwell, 1979)

Por lo tanto deberá ser el Estado quien tome a su cargo la producción y el suministro de las tecnologías necesarias para enfrentar esos problemas, actividad que podría realizar con más eficiencia si instala empresas de tecnología en esos campos.

Debe tenerse en cuenta que, más allá del impacto que las empresas de tecnología tendrían en la estructura productiva, se producirían otros efectos igualmente importantes:

i) Teniendo en cuenta que, por definición, cada empresa de tecnología es un ávido consumidor de conocimientos científicos y técnicos, resultará un promotor muy activo de la investigación científica y técnica (y no sólo de la que ella misma deba realizar con sus propios medios, sino también de la que deberá fomentar en otras instituciones nacionales). Al asegurar una demanda permanente de conocimientos, las empresas de tecnología son, necesariamente, agentes de movilización de la capacidad científica y técnica de un país.

ii) Toda empresa de tecnología debe actuar en colaboración con otras instituciones científicas y técnicas, por lo que contribuye a superar uno de los mayores obstáculos para el desarrollo científico-tecnológico en los países subdesarrollados: la grave incomunicación entre las diversas instituciones responsables en cada país. A través

de la acción de las empresas de tecnología, se establecerán canales permanentes de intercomunicación por la muy simple razón de que a todas esas instituciones les convendrá participar en las tareas que necesariamente generarán las empresas.

iii) Los logros de las empresas de tecnología tendrán un evidente "efecto de demostración" de la capacidad propia para producir y utilizar tecnología.

iv) Un conjunto de eficientes empresas de tecnología locales constituirá una de las mejores herramientas para luchar contra la dependencia tecnológica, no sólo a través de su acción en la producción, sino también en la importación, que comenzará a realizarse con mayor inteligencia y capacidad.

Una posibilidad muy interesante es la de establecer empresas de tecnología *latinoamericanas*, mediante esfuerzos conjuntos de instituciones pertenecientes a distintos países de la región. En 1975, la Oficina Regional para América Latina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) elaboró un anteproyecto concreto, que se publicó en un informe titulado "Empresas de tecnología multinacionales: un mecanismo para promover la cooperación científica y tecnológica en América Latina".

Es oportuno recordar algunas de las valiosas consideraciones y recomendaciones formuladas en ese informe.

Para establecer una empresa de tecnología latinoamericana en un determinado sector económico –como la industria petrolera, la alimenticia, la de comunicaciones, la agroindustria, etc.– bastaría que varios interesados (empresas, instituciones, centros, etc.) de diferentes países de la región resolviesen asociarse para fundar una empresa cuyo cometido sería la producción y comercialización de tecnología para dicho sector. Es importante tener en cuenta que para fundar una de esas empresas no sería necesario contar con socios de *todos* los países; bastaría que un par de ellos tomase la iniciativa, y luego podrían asociarse otros, según

las conveniencias de cada país o institución. Por otra parte, para un mismo sector podría haber más de una empresa, también en función de las conveniencias de los asociados.

El informe presenta nueve ejemplos de posibles empresas latinoamericanas de tecnología, para cada una de las siguientes ramas industriales: energía eléctrica, energía nuclear, ferrocarriles metropolitanos, productos forestales, producción de matrices, fabricación de pan, petróleo, fabricación de productos plásticos y siderurgia.

Estas industrias fueron elegidas teniendo en cuenta su actual importancia en América Latina y sus perspectivas de crecimiento futuro. Pero la selección se hizo, además con la intención de mostrar que el concepto de empresa de tecnología puede aplicarse a las ramas más variadas de la actividad industrial. Por eso se eligieron industrias en las que actúan empresas estatales, mixtas y privadas, en las que hay empresas grandes, medianas y pequeñas, en las que hay empresas nacionales, extranjeras o mixtas, en las que existen empresas que funcionan en mercados cautivos y en mercados abiertos, en las que algunas empresas actúan en servicios, otras en la producción de bienes de capital y otras en la de bienes de consumo, etc. Se trata, pues, de una variedad tan amplia como era posible para un estudio de esa naturaleza.

En la mayoría de estas ramas industriales hay producción local de tecnología —artesanal y manufacturera— pero es todavía marginal. Se considera que esa producción adquiriría identidad económica propia mediante la acción de empresas de tecnología.

El informe llama la atención sobre dos consecuencias inmediatas de la creación de este tipo de empresas latinoamericanas. Señala que, por un lado, se podrían alcanzar importantes economías de escala en la producción de tecnología y, por el otro, se promovería de manera concreta la tan deseada cooperación latinoamericana en ciencia y tecnología. Y agrega que la ventaja principal para fomentar esa cooperación es que cada empresa tendría objetivos muy concretos que alcanzar, que se constituirían así en los centros de interés de la cooperación.

También debe destacarse que un elemento significativo en la factibilidad de este tipo de empresas es que los asociados potenciales no serían competidores entre sí, ya que cada uno de ellos actúa casi exclusivamente en su propio mercado nacional. Es lo que ocurre, por ejemplo, con las empresas que producen y venden energía eléctrica: cada una de ellas realiza esa actividad dentro de las fronteras de su propio territorio nacional. Pero además de no existir una disputa por clientes comunes, cada una de esas empresas, en materia de tecnología, debe adquirir elementos muy similares, generalmente de los mismos vendedores extranjeros. Todo indica, pues, que la asociación entre dos o más empresas de electricidad para actuar en conjunto en el campo de la producción y compra –y eventualmente venta– de tecnología, sería altamente beneficiosa para ellas, y que no les presentaría ningún perjuicio.

El informe del PNUD analiza en detalle esta situación bajo el título "Caso N° 1: una empresa multinacional de tecnología para el sistema de generación y venta de energía eléctrica". Después de un análisis general del negocio de la producción y venta de electricidad a escala mundial y de la particular importancia que la tecnología tiene en el mismo, se mencionan varias razones por las cuales se trata de una industria en la que habría numerosos elementos a favor de la instalación de una empresa multinacional de tecnología. Se transcriben a continuación algunos de estos argumentos:

> a) El tamaño actual del sector eléctrico en América Latina tiene la necesaria dimensión económica para hacer factible la operación de una empresa de tecnología. El potencial eléctrico total instalado en América Latina es de unos 45 millones de Kilowatios y el número total de clientes de todas las empresas eléctricas de servicio público es de unos 150 millones. Lo más importante, sin embargo, es que en la próxima década esa potencia total va a crecer a 95 millones de Kilowatios, para lo que será necesaria una inversión total de unos 30 mil millones la cantidad que se gastará en tecnología. Pero las cantidades son realmente enormes cuando se calcula lo que ocurrirá en el año 2000: la potencia total instalada será de 600 millones de Kilowatios y la inversión total necesaria, de unos 350 mil mi-

llones de dólares, de los cuales entre 35 y 39 mil millones serán invertidos en tecnología.
Quiere decir que una empresa de tecnología tendría un enorme mercado en los primeros 10 ó 15 años de su existencia.
b) En la mayoría de los países de América Latina, la producción, distribución, transmisión y venta de electricidad se realiza por empresas estatales (Agua, Energía, en Argentina; Electrobrás, en Brasil; Endesa, en Chile; Electroperú, en Perú; Comisión Federal de Electricidad, en México; etc.). Prácticamente el 95% de todo el negocio eléctrico está en manos estatales. En principio esto debiera favorecer la asociación para operar conjuntamente en materia tecnológica.
c) Estas empresas estatales han alcanzado ya dimensiones económicas y técnicas realmente importantes: tienen ventas anuales de miles de millones de dólares, sirven a millones de personas, emplean a centenares de miles de obreros y empleados. Todas ellas crecen de manera permanente, para hacer frente a un crecimiento acumulativo anual de la demanda estimado en 6% (promedio). Necesariamente son grandes consumidores de tecnología y lo seguirán siendo durante toda su existencia. En otras palabras, es un negocio con mercado propio y creciente.
d) Estas empresas tienen buena capacidad en ingeniería de mantenimiento y control, ingeniería de producción, comercialización, etc. Sus actividades en R-D son, sin embargo, pequeñas (en relación con su propio tamaño). Si varias de ellas se asociasen para la instalación de una empresa de tecnología, no cabe duda de que en muy poco tiempo ésta podría operar en forma razonable.
e) Como ya lo hemos dicho más arriba, estas empresas no compiten entre sí, lo que sin duda es un elemento capital para establecer una cooperación continua.

Luego de estas consideraciones, el informe del PNUD describe las características principales de una empresa como la propuesta:

(El objetivo de la empresa) sería producir, distribuir, vender, comprar, exportar, importar e intercambiar tecnología en el campo de la energía eléctrica y sus aplicaciones. Para tal fin, la empresa estará capacitada –por sí misma o por contrato con terceros– para realizar las investigaciones, desarrollos, estudios y proyectos que sean necesarios para la producción y comercialización de dicha tecnología. Podrá también suministrar asistencia técnica y científica a gobiernos, empresas estatales, privadas o mixtas, agencias y, en general, a todas las organizaciones interesadas en la producción, distribución, transmisión, comer-

cialización y utilización de energía eléctrica. Colaborará estrechamente con las instituciones, centros de investigación, laboratorios universitarios, firmas de consultoría y de ingeniería, productores de equipos, etc., que desarrollan actividades en dicho sector.

Más adelante se examinan en detalle los campos de acción de la empresa propuesta y el alcance de sus actividades. Finalmente se propone un mecanismo para la constitución de la empresa:

La empresa de tecnología propuesta estará compuesta principalmente por empresas del servicio público de la electricidad, los organismos gubernamentales responsables de la política energética, de los países y las empresas productoras de bienes y servicios para el sector eléctrico. La suscripción de acciones por asociados de dos países de América Latina será suficiente para constituir la empresa. Posteriormente otros asociados podrán incorporarse a la empresa, según condiciones y plazos a establecerse. La sede central se instalará en el lugar más adecuado para el funcionamiento de la empresa. Las oficinas comerciales y administrativas, los laboratorios, plantas piloto, centros de computación y otras facilidades se instalarán en diferentes lugares de América Latina, según resulte más conveniente [...] La empresa tendrá dos fuentes de recursos; las contribuciones de sus socios y las ventas de sus servicios [...] La empresa podrá autofinanciarse [...] en un período estimado entre los tres y los seis años desde la fecha de su constitución.

Esta propuesta de constituir empresas latinoamericanas de tecnología en distintas ramas industriales puede considerarse como uno de los mecanismos más aptos para introducir en América Latina el nuevo modo de producción de tecnología. Aunque comenzara en una escala muy modesta, tiene un potencial tan grande que no es utópico imaginar que en 10 ó 15 años podría convertirse en el instrumento más poderoso para desarrollar el tan ansiado *collective self-reliance*, que los países del Tercer Mundo han propuesto reiteradamente como la solución más conveniente para superar su actual atraso tecnológico.

6. Algunas limitaciones y obstáculos

En los últimos años se ha tomado conciencia de la necesidad de que toda tecnología, antes de su suministro y empleo, debiera ser seleccionada de entre varias posibles para asegurar así que se ha elegido la más conveniente. Este proceso de filtrado debiera aplicarse no sólo a las tecnologías importadas sino también a las producidas localmente, ya que éstas son, en muchos casos, copia y adaptación de tecnologías foráneas, y en consecuencia transmiten el sistema de valores impreso en éstas (su "código genético", también llamado su "contenido ideológico").

Cada país filtrará, por supuesto, según sus propios criterios y para sus propios fines, pero la colaboración entre varios países será muy útil para una definición más precisa de: a) ¿Para qué filtrar?; b) ¿Qué filtrar?; c) ¿Cómo filtrar?

Pero es conveniente tomar conciencia de que la tecnología, aun filtrada y seleccionada con el mayor cuidado, suministrada a las dos áreas antes mencionadas con la máxima eficiencia, *no* es una "varita mágica" que todo lo soluciona, un "remedio" que cura todos los males del subdesarrollo, una "llave" para abrir todas las puertas a la felicidad. Es condición *necesaria*, pero no suficiente, para que los países puedan eventualmente superar su etapa actual de desarrollo y consigan disminuir la miseria, el atraso, la desnutrición, las enfermedades, etc. En efecto, para lograr tales objetivos, la tecnología deberá, además, ser empleada en concordancia con políticas globales adecuadas y con planes y programas de desarrollo socioeconómico que se propongan resolver esos problemas. Se suele a veces reclamar a la tecnología que elimine o reduzca el desempleo, que proteja los ecosistemas, que afirme la autonomía cultural, etc., mientras se la utiliza en un contexto que ignora tales metas o que, peor aún, implícitamente defiende lo que retóricamente afirma combatir. Se trata de demandas complejas, que no pueden ser satisfechas solamente a través de tecnologías adecuadas, aunque es cierto que ello puede ayudar, y a veces de manera importante. Existe el

peligro de proponer soluciones inalcanzables, o que no son tales sino meramente deseos expresados con una retórica atractiva, pero con poca profundidad. Por ejemplo, en América Latina suele oírse el reclamo de que en las zonas rurales no se introduzcan tecnologías modernas intensivas en capital y energía y que se continúe con las tecnologías tradicionales, convenientemente mejoradas y adaptadas. Esta posición, que tiene cierta vigencia y cierto prestigio en China continental, India, Indonesia, etc., difícilmente podría ser aplicada en nuestro continente. En primer lugar, porque América Latina ya *no* es rural, aunque tiene sectores rurales que se han "secularizado" muy rápidamente, ayudados por la movilidad geográfica (a diferencia de lo que ocurre en Asia, no hay en América Latina *grandes* masas aisladas), una misma lengua que unifica e integra, una amplia difusión de pautas urbanas, una penetración creciente de consumos industriales, una ilusión decimonónica en el progreso, una gran admiración y respeto a la técnica con sus productos mágicos (radio, cine, TV, teléfono, antibióticos, electricidad, maquinaria agrícola, etcétera).

Finalmente, porque la mayor productividad de las tecnologías modernas las impone casi inexorablemente. Eso no significa que ellas sean las únicas posibles o que necesariamente deban ser intensivas en capital y energía. Se pueden imaginar y eventualmente desarrollar otras soluciones mejor adaptadas a la constelación de recursos y factores locales, pero ello sólo será posible a través de un intenso esfuerzo de investigación y desarrollo y no simplemente con una especie de romántica "vuelta a la naturaleza". Si la tecnología moderna no es adecuada y conveniente, la única respuesta aceptable es producir tecnología más moderna aún (en el sentido de su "edad") y que sea adecuada y conveniente.

Por lo demás, algunas críticas a las tecnologías modernas, tanto para el sector agrícola como para el sector manufacturero, olvidan injustamente que la única manera de escapar a la vieja división internacional de trabajo ha consistido en utilizar tecnologías que, gracias al aumento de productividad que introdujeron en la economía, permitieron

que algunos países subdesarrollados pasasen a producir bienes industriales en términos aceptables. Sin la ayuda de esas tecnologías, es probable que esos países sigan siendo solamente productores de materias primas.

En resumen, esta compleja temática requiere una investigación mucho más profunda antes de que se pueda superar la presente etapa.

Para alcanzar el objetivo deseado habrá que superar un conjunto de obstáculos de variada importancia, entre los que se destacan los siguientes:

a) Los grupos de intereses que se benefician con la dependencia tecnológica y que no permanecerán pasivos ante un programa enérgico pro autonomía tecnológica.

b) La débil competencia del Estado, que debe cumplir uno de los papeles protagónicos, y su poca capacidad para aplicar y hacer aplicar decisiones de naturaleza tecnológica.

c) La alienación intelectual de los grupos de la clase dirigente que postulan que nada puede cambiar porque "no somos capaces" y de otros grupos que postulan que nada puede cambiar porque "no nos dejan".

d) La modalidad de la racionalidad existente, según la cual es mejor negocio importar tecnología que producirla localmente.

e) La dependencia cultural, según la cual "toda tecnología extranjera es mejor . . . por ser extranjera".

f) El sistema de valores en vigencia, según el cual atender al consumo superfluo de las élites tiene prioridad a atender al consumo esencial de la mayoría de la población.

g) El mimetismo de la periferia, que lleva a copiar hasta los peores productos y procesos del centro.

h) Los mecanismos financieros locales, que no proveen de capital de riesgo para la producción de tecnología pero que avalan toda importación "prestigiosa" de tecnología.

i) La escasa articulación entre los protagonistas del proceso: funcionarios de Estado, empresarios y gerentes y científicos y técnicos.

Referencias bibliográficas

AAAS (1978): *Research and Development Report III*, AAAS, Washington, D. C.

ABBOTT, C. F. (1978): *Technological Development in Industry. A Survey of Social Aspects*, ISR, Manchester.

AITKEN, H. G. J. (ed.) (1965): *Explorations in Enterprise* 259, Harvard University Press.

ALLEN, D. H. (1972): "Credibility and Assessment of R & D Projects", en *Long Range Planning*, June.

ALLEN, Thomas J. (1970): "Communication Network in R & D Laboratories", *R & D Management*.

ALLEN, J. A. (1967): *Studies in Innovation in the Steel and Chemical Industries*, Manchester University Press.

ALLEN, J. M. (1970): "A survey intro R & D Evaluation and control procedures currently used in industry", *Journal of Industrial Economics*, April. 18 (2), pp. 161-81.

ALLISON, D. (1969): "The Industrial Scientist", *International Science and Technology*, February.

BALZ, Manfred (1975): *Innovation and Invention under Soviet Law*, Lexington, Massachussets.

BARANSON, J. (1978): "The Cornucopian Politics of World Development", *Bulletin of Atomic Scientists*, November.

BARBICHON, Guy and Ackermann, Werner (1968): "La diffusion de l'information technique dans les organisations", en *Analyse et prevision*, París, vol. v, No. 2, février, pp. 93-110.

BASS, L. (1966): *The Management of Technical Programs*, New York, Praeger Publishers.

BEER, J. J. (1957): *The Emergence of the German Dye Laboratory*, University of Illinois Press.

BELL, D. (1970): *Encounter*, No. 6, p. 23.

BENETTI, C. (1976): *Valeur et répartition*, Presses Universitaires de Grenoble.

BENJAMIN, K. (1970): "Planning and Initiation of R and D", *Metals and Materials*, pp. 58-67.

BERLINER, Joseph S. (1976): *The Innovation Decision in Soviet Industry*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.

BESSANT, J. R. (1978): *A Study of Inputs and their Influence of Technological Innovative Activity*, Ph. D., Aston.

BODE, H. W. (1971): "Synergy, Technical Interpretation and Technological Innovation in the Bell System", *Bell Tech. Journal*.

BOULDING, K. (1968): *Beyond Economics*, University of Michigan Press.

ALLISON, D. (1969): *The R and D Game: Technical Men, Technical Managers and Research Productivity*, MIT Press.

ANDNEFF, W. (1976): *Profits et structure du capitalisme mondial*, Colmann Levy, Paris.

AMESSE, Fernard (1978): *Transfert de technologie: concept et approches à la mesure*, École des Hautes Études Commerciales.

ANSOFF, I. and Stewart, J. (1967): "Strategies of a Technology Based Business", *Harvard Business Review*, Nov.-Dec.

ARROW, K. (1966): "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", in: N. Rosenberg (ed.) *The Economics of Technological Change*, Penguin, pp. 164-181.

ARM, D. L. (ed.) (1967): *Journeys in Science: Small Steps, Great Strides*, University of New Mexico Press.

AUJAC, Henri (1966): "Le passage de l'invention à la production industrielle", *Revue d'Economie Politique*, Mai-Juin, pp. 446-518.

AYRES, R. (1968): "Evenlope Curve Forecasting", in (ed. J. Bright), *Technological Forecasting for Industry and Government*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

AYRES, R. (1969): *Technological Forecasting and long range planning*, McGraw Hill, New York.

BAILY, M. N. (1972): "Research and Development Costs and Returns. The U. S. Pharmaceutical Industry", *Journal of Political Economy*, Jan.-Feb. 80 (1), pp. 70-85.

BOULDING, K. (1971): "The Economics of Knowledge and the Knowledge of Economics", in *Economics of Information and Knowledge*, Penguin Books.

BOLTON, J. E. (1971): *Small Firms*, HMSO.

BOURGAULT, P. (1972): *Innovation and the Structure of Canadian Industry*, S. C. Council of Canada.

BURN, D. L. (1967): *The Political Economy of Nuclear Energy*, Institute of Economic Affairs, London.

CARDWELL, D. S. L. (1972): *Turning Points in Western Technology*, New York.

COCKS, E. J. y Watters, B. (1968): *A History of the Zinc Smelting Industry in Britain*, Harrap, London.

COMANOR, William S. (1967): "Market Structure, Product Differentiation, and Industrial Research", *The Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, Harvard University, vol. 51, Nov., No. 4, pp. 639-57.

CONRATH, D. (1968): "The role of the informal organization in decision making on research and development", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 15, No. 3, September.

CONTROL Data (1979): *Control Data Worldtech Inc.* (leaflet published U. S. A.).

COOPER, C. M. (1973): "Choice of Techniques and Technological Change as Problems in Political Economy", *International Social Science Journal*, vol. 25, No. 3, pp. 322-36.

CORDTZ, D. (1971): "Bringing the Laboratory Down to Earth", *Fortune*, January.

COURTENAY, W. H. (1975): "Multinational Corporation in L. D. C.'s the choice of Technology", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, November.

CRACCO, E. (ed.) *et al.* (1971): *International Business – 1971*, MSU International Business and Economic Studies, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Michigan State University, East Lansing, Michigan.

CREAMER, D. (1976): *Overseas Research and Development by United States Multinationals, 1966-1975*. Research Report from the Conference Board's Division of Economic Research, New York.

CROOKELL, H. (1973): *The Transmission of Technology across National Boundaries*, Dept. of Industry, Trade and Commerce, February.

DAUDE, B. (1967): *L'entreprise et la recherche*, Dunod, Paris.

DAVID, Paul A. (1965): *Technical Choice, Innovation & Economic Growth*, CUP.

DAVIS, Stephen (1979): "Interfirm diffusion of process innovations", *European Economic Review*, October, vol. 12, No. 4.

DEAN, B. and Segupta, S. (1962): "Research Budgeting and Project Selection", *IRE Transactions on Engineering Management*, December.

DEAN, B. V. (1968): *Evaluating, Selection and Controlling R and D Projects*, New York, American Management Association.

DEAN, B. V. (1968): *Operations Research in Research and Development*, Proceedings of a Conference at the Case Institute of Technology, Wiley and Sons, New York.

DE BELL, J. M. (1946): *German Plastics Practice*, Springfield.

DICKSON, D. (1974): *Alternative Technology and Politics of Technical Change*, Fontana, London.

DOBB, M. (1973): *Theories of Value and Distribution*, Cambridge.

DUERR, H. G. (1970): *R & D in the Multinational Company*, The Conference Board, Managing International Business, No. 8, New York.

DUNNING, J. H. (ed.) (1971): *Multinational Enterprise*, G. Allen & Unwin, London.

DUPONT (1950): *The Story of Duco*, DuPont de Nemours & Co.

ECONOMIST, *The* (1977): "Russia and the West", (anon), vol. 259, No. 6921, April 17.

ENOS, J. L. (1962): "Invention and Innovation in Petrol Refining Industry", in National Bureau of Economic Research.

ENOS, J. L. (1962): *Petroleum Progress and Profits*, MIT Press.

EPO (1978): *How to Get a European Patent*, European Patent Office, Munich.

EVANSON, R. and Kaslev, Y. (1975): *Agricultural Research and Productivity*, Yale, New Haven.

EVANSON, R. y Kaslev, Y. (1976): "A Statistic Model of Applied Research", *Journal of Political Economy*, vol. 84, 2, April, p. 265.

EWING, D. (ed.) (1970): *Technological Change & Management*. Harvard University.

FINGER, W. H. (1970), "Dualism Revisited", in *Journal of Development Studies*.

FINLEY, R. E. (ed.) (1966): *The Manufacturing Man and His Job*, American Management Association.

FLEMING, Donald (1952): "Latent Heat and the Invention of the Watt Engine", *Isis*, vol. 41, pt. 1, No. 131, April, 5.

FLOYD, A. (1968): "A Methodology for Trend Forecasting of Figures of Merit", J. Bright: *Technological Forecasting for Industry and Government*. Prentice Hall.

FORBES, A.M. (1974): "Long Range Planning for the Small Firm", in *Long Range Planning*, April.

FRANKO, L.G. (1976): *The European Multinationals*, Greylock Publishers, Stamford, Connecticut.

FREEMAN, C. (1963a): "Research and Development in Electronic Capital Goods", *National Institute of Economics Review*, No. 24, pp. 40-91.

FREEMAN, C. *et al.* (1963b): "The Plastic Industry: A Comparative Study of Research and Innovation", *National Institute of Economics Review*, No. 26.

FREEMAN, C. and Young, A. (1965): *The Research and Development Effort*, OECD, Paris.

FREEMAN, C. *et al.* (1968): "Chemical Process Plant: Innovation and World Market", *National Institute of Economics Review*, No. 65.

FREEMAN, C. (1973): "Success and Failure in Innovation", in *Science and Technology in Economic Growth* (ed. Williams), Wiley, New York.

FREEMAN, C. (1974): *The Economics of Industrial Innovation*, Penguin.

FREEMAN, C. (1977): "The Economics of Research and Development", in *Science, Technology and Society* (ed. D. de Solla, Price and L. Spiegel-Rosing), Yale University Press.

FREEMAN, C. (1979): "The Determinants of Innovation", *Futures*, V. 11, No. 3, June.

FURTADO, Celso (1979): "Power Resources", en *IFDA Dossier*, No. 7, Paris, May.

FREY, D. y Goldman, J. (1967): *Applied Science and Manufacturing Technology*, National Academy of Sciences, Washington, D. C.

GALBRAITH, J.K.G. (1967): *The New Industrial State*, Houghton Mifflin, Boston.

GALTUNG, J. (1978): *Development Environment and Technology Self-reliance*, UNCTAD.

GARDENER, B. (1973): "Innovation through New Ventures", in *R & D Management*, No. 3, p. 2.

GARGIULO, J., Hertz, D. and Zang, T. (1961): "Developing Systematic Procedures for Directing Research Programs", *IEEE Transactions on Engineering Management*, March.

GAZIS, D.C. (1979): "Influence of Technology on Science: A Comment on some Experiences at IBM Research", *Research Policy*, 8, pp. 244-59.

GEIGY, Co. (1979): Advertisement.

GERSHINOWITZ, H. (1966): *Criteria for Company Investment in Research with Particular Reference to the Chemical Industry*, National Academy of Sciences, Washington, D.C.

GIBBONS, M. and Johnson, R.D. (1972): *The Interaction of Science and Technology*, Council for Science Policy, U.K.

GIBBONS, M. and Johnson, C. (1970): "Relationship between Science and Technology", *Nature*, 227, July. 11, p. 125.

GILPIN, R. (1976): "The Political Economy of the Multinational Corporation: Three Contrasting Perspectives", *American Political Science Review*, vol. 70, p. 186.

GILPIN, R. (1975): *U.S. Power and the Multinational Corporation*, Basic Books, New York.

GLENNAN, T. and Summers, R. (1967): *Strategy for R&D*, Springer Verlag, New York.

GLOBERMAN, Steven (1975): *Sources of R&D Funding in Canada and Industrial Growth in Canada*, Dept. of Industry, Trade and Commerce, Canada, August.

GLOBERMAN, S. (1974): *Technological Diffusion in Canadian Manufacturing Industries*, Dept. of Industry, Trade and Commerce, Canada, April.

GORZ, A. (1973): *Critique de la division du travail*, Seuil, Paris.

GOULET, D. (1977): *The Uncertain Promise: Value Conflict in Technology Transfer*, I.D.O.C. Publ., New York.

GREGORY, C. (1967): *The Management of Intelligence*, McGraw Hill Books, New York.

GREEN, U. y Morphet, C. (1977): *Research and Technology as Economic Activities*, SISCON, Butterworths.

GRILICHES, Zvi (1958): "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations", *Journal of Political Economy*, vol. LXVI, 5 October.

GRUBER, W., Mehta, D. and Vernon, R. (1967): "The R & D Factor in International Trade and Investment of U. S. Industries", in *Journal of Political Economy*, vol. 75, No. 1, February.

GUETZKOW, H. (1967): "The Creative Person in Organizations", *Creative Organizations*, Steiver (ed.), University of Chicago, Chicago.

HABER, L.F. (1958): *The Chemical Industry During the 19th Century*, Oxford.

HABER, L.F. (1971): *The Chemical Industry 1900-50*, Oxford.

HABERMAS, J. (1969): "Technique et science comme ideologie", dans: *Marx et la pensée scientifique contemporaine*, Conseil International des Sciences Sociales, Paris.

HAGGERTY, P.E. (1965): *Management Philosophies and Practices of Texas Instruments*, Texas Instruments Inc.

HAGGERTY, P. (1968): "Innovation and the Private Enterprise System in the U.S.", Address to National Academy of Engineering U. S. A., April 24th.

HAGGERTY, P. (1969): *The Process of Technological Innovation*, N.A.S., No. 1726.

HALTY Carrere, M. (1979): "Appropriate Strategies", *Mazingina*, No. 8.

HAMBERG, D. (1963): "Invention in the Industrial Research Laboratory", *The Journal of Political Economy*, April.

HARRIS, John S. (1961): "New Product Profile Chart", in *Chemical and Engineering News*, April 17.

HARDIE, D. W. F. and Pratt, J. D. (1966): *A History of The Modern British Chemical Industry*, Pergamon.

HEERTJE, Arnold (1977): *Economics and Technical Change*, Weidenfeld & Nicholson, London.

HELLEINER, G.K. (1975): "The Role of Multinational Corporations in the Less Well Developed Countries, Trade in Technology", *World Development*, vol. 3, No. 4, pp. 161-89.

HILL, Roger B. (1969): "The Improvement of Returns and Development Investment", in *Economics and Technical Change*, (ed.) E. M. Hugh-Jones Kelley, New York.

HIRSCH, Seev (1967): *Location of Industry and International Comparisons*, O.U.P.

HOLLANDER, S. (1965): *The Sources of Increased Efficiency: A Study of the DuPont Rayon Plant*, MIT University Press.

HOLLOMON, H. (1966): "Technology and Public Policy", *Orton Memorial Lecture*, 9 May.

HORWITCH, M. and Prahalad, C.K. (1976): "Managing Technology Innovation - 3 Ideal Models", *Sloan Manag. Rev.*, Winter, 17(2), p. 77.

HOWE, J.D. and McFetridge, D.C. (1976): "The Determination of R&D Expenditures", *Can. J. Econ.*, February, 9(1), pp. 57-71.

HUFBAUER, G. (1966): *Synthetic Materials in International Trade*, Harvard University Press.

HUGHES, J. (1976) (Ed.): *History of Technology*, MIT Press.

HUNT, E.K. and Schwartz, J.G. (1972): *A Critique of Economic Theory*, Penguin.

HYMER, S. (1970): "The Efficiency (Contradictions) of Multinational Corporations", *American Economic Review*, vol. 60, No. 2, May.

HYMER, S. and Rowthorn, R. (1970): "Multinational Corporations and International Oligopoly: The Non-American Challenge", in *The International Corporation*, C. P. Kindelberger, MIT Press, Cambridge, Massachussets.

HYMER, S. (1972): "The Multinational Corporation and the Law of Uneven Development", in *Economics and World Order from the 1970's to the 1990's*, (ed.) Bhagwatti, Macmillan Co., New York.

HYMER, Stephen (1976): *The International Operations of National Firms*, MIT Press, Cambridge, Massachussets.

IDRC (1975): *Science and Technology Policy Implementation in Less Developed Countries*, vol. 1 of STPI project, IDRC.

IDRC (1976): *Technology Policy and Economic Development: A Summary Report on Studies Undertaken by the Board of the Cartagena Agreement for the Andean Pact*, IDRC, Ottawa.

ILLINOIS Inst. of Technical Research Institute (1968): *Technology in Retrospect and Critical Events in Science* (TRACES), N. S. F., Chicago.

ILPES (1974): *Scientific and Technical Progress for the Development of Latin-America*, Santiago, December.

JANSTCH, E. (1967): *Technological Forecasting in Perspective*, OCDE, Paris.

JEVONS, F. R. (1976): "Interaction of Science and Technology Today", *Technology and Culture*, vol. 17, No. 4, October.

JEWKES, J. *et al.* (1969): *The Sources of Invention*, Macmillan, London.

JOHNSON, H. (1972): "Some Economic Aspects of Science", *Minerva*, vol. X, No. 1, January.

JOHNSON, J. (1972): *Survival and Growth: the Small R&D Firm*, American University, Center for the Study of Private Enterprise, Washington, D.C.

JOHNSON, P.S. (1975): *The Economics of Invention and Innovation*, Martin Robertson.

JONES & Wileman (1972): "Emerging Patterns in New Venture Management", *Research Management*, November.

JUBLIN & Quatrepoint (1976): *French Ordinateurs*, A. Moreau, Paris.

KAMIEN, M. I. and Schwartz, N.L. (1976): "On the Degree of Rivalry for Maximum Innovative Activity", *Quart. J. Econ.*, May, 90 (2), p. 245.

KAMIEN, M. I. and Schwartz, N.L. (1974): "Patent Life and R&D Rivalry", *American Economic Revue*, vol. 64, marzo, pp. 183-87.

KASSEL, S. (1977): "The Impact of the Soviet Academy of Sciences on Industrial Innovation", 9th National Convention of the American Association for the Advancement of Slavic Studies, Washington, D.C., October.

KATZ, J. *et al.* (1978): *Productividad, tecnología y esfuerzos locales de investigación*, Programa BID/CEPAL, Monografía 13, Buenos Aires, marzo.

KAUTMAN, M. (1963): *First Century of Plastics*, Plastics Institute.

KAUTMAN, M. (1969): *The History of P.V.C.*, Maclaren, London.

KEATING, Donald (1966): "Labour Skills and Comparative Advantage", *American Economic Review*, vol. 56, No. 2, May.

KENWARD, M. (1978): "Reflections on Glass Research", *New Scientist*, August 31st.

KERKER, R, (1976): "Science and the Steam Engine", in *History of Technology* (ed. J. Hughes), MIT Press.

KILLING, J.P. (1975): *Manufacturing Under License in Canada*, Dept. of Industry, Trade and Commerce, February.

KILLINGSWORTH, V. (1979): "Corporate State Wars: AT&T vs. IBM", *Atlantic Monthly*, May.

KINDELBERGER, C.P. (1971): *Les investissements américains dans le monde*, Calman-Levy.

KNOPPERS, Antonie T. (1970): "A Management View of Innovation", in *Technological Innovation and the Economy* (ed. M. Goldsmith), Wiley-Interscience, London.

KRANSBERG, M. and Kelly, P. (1978): *Technological Innovation: A Critical Review of Current Knowledge*, San Francisco Press Inc.

KANZBERG, M. and Pursell, C.W. (eds.) (1967): *Technology in Western Civilization*, vols. 1 and 2, O.U.P.

KREILKAMP, K. (1971): "Hindsight and the Real World of Science Policy", *Science Studies* I, pp. 43-66.

KUBINSKI, Z.M. (1979): *The Small Firm in the Albertan Oil and Gas Industry*, Dept. of Industry, Trade and Commerce, February.

KUHN, T.H. (1972): "A Bibliographical Note", *Minerva*, X, January, pp. 176-77.

KUHN, T.H. (1962): "Comment", in *The Rate and Direction of Inventive Activity*, National Bureau of Economic Research, Princeton University Press.

KURTH, James R. (1979): "The Political Consequences of the Product Cycle", *International Organization*, vol. 33, No. 1, Winter.

LACROIX, R. and Scheuer, P. (1975): *L'effort de R&D, l'innovation et le commerce internationale*, Cude Cahier, No. 11, September.

LALL, Sanjaya (1979): "Transnationals and the Third World - The R&D Factor", *Third World Quarterly*, vol. 1, 3, July.

LAMBERTON, D.M. (1971): *Economics of Information and Knowledge*, Penguin.

LANGRISH, J. (1971): "Technology Transfer - Some British Data", *R&D Management*, vol. 1, No. 3.

LANGRISH, J., Gibbons, M., Evans, W.G. and Jevons, F.R. (1969): *Wealth from Knowledge*, McMillan, London.

LAYTON, E.T. (1976): "American Ideologies of Science and Engineering", *Technology and Culture*, vol. 17, No. 4, October.

LAYTON, E.T. (ed.) (1973): *Technology and Social Change in America*, Harper, New York.

LEONARD, W.M. (1971): "R&D in Industrial Growth", *Journal of Political Economy*, Mar/Apr, 79(2), pp. 232-56.

LEVITT, Kari (1970): *Silent Surrender*, Liveright Press, New York.

LIENHARD, J.H. (1979): "The Rate of Technological Improvement before and after 1830", *Technology and Culture*, vol. 20, No. 3, July.

LIETAER, B. (1979): *Europe, Latin America and the Multinationals*, Saxon House, England.

LINSTONE, H.A. and Sahal, H. (eds.) (1976): *Technological Substitution: Forecasting Techniques and Applications*, American Elsevien, New York.

LITTLE, A.D. (1963): *Patterns and Problems of Technical Innovation and American Industry*, USGPO.

LITTLE, A.D. Ltd. (1977): *New Technology Based Firms in the United Kingdom and F.R.G.*

LOCKE, Brian (1974): "Investment and Planning in R & D", *Long Range Planning*, June.

MACLAURIN, W. R. (1969): *Invention and Innovation in the Radio Industry*, Macmillan.

MAGDORFF, Harry (1976): "Capital, Technology and Development", in *Monthly Review*, January.

MANSFIELD, E. (1972): "The Contribution of R & D to Economic Growth in the U. S.", in *R & D and Economic Growth/Productivity*, NSF Colloquium, NSF. 72-303.

MANSFIELD, Edwin (1968): *The Economics of Technological Change*, Norton, New York.

MANSFIELD, E. (1968): *Industrial Research and Technological Innovation – An Econometric Analysis*, Norton, New York.

MANSFIELD, E. *et al.* (1977): *Research and Innovation in the Modern Corporation*, W. Norton & Co., New York.

MARSCHAK, T. Glennan, T. and Summers, R. (1967): *Strategy for R & D: Studies in the microeconomics of development*, Spinger-Vertag, New York, Inc.

MARX, K. (1976): *Capital – A Critique of Political Economy* (transl. Ben Fowkes), Penguin Books.

MARX, K. (1972): *The Grundisse* (ed. and transl. by David Mc Lellan), Harper Torchbooks.

MAUMOURY, J.L. (1972): *Economie du Savoin*, Colin.

MAURICE, P. (1964): "La rentabilité de la recherche", *Cahiers de l'ISEA*, No. 148, série T, No. 4.

MAXWELL, P. (1979): *Implicit R & D Strategy and Investment-Linked R & D*, Working Paper No. 23, IDB/ECLA Research Programme, Buenos Aires, March.

MAYR, O. (1976): "The Science Technology Relationship as Historiographic Problem", *Technology and Culture*, vol. 17, No. 4, October.

MC DONALD, S. and Braun, E. (1977): "The Invention Barrier", *National Electronic Review*, Nov/Dec.

MC DONALD, Collingridge and Braun (1975): *From Science to Technology the Case of Semi-Conductors*, Siscon.

MC KINLEY, K. and Young, R (1979): *Technology and the Third World Issues and the Role for Canada*, North South Papers, N. S. Institute.

MEEK, Richard (1972): "Project Selection in the Petroleum Industry", *Management Research*, McMillan, London.

MEEK, R. (1975): *Studies in the Labour Theory of Value*, Monthly Review, New York.

MENDELSON, Everett (ed.) (1977): *Social Production of Scientific Knowledge*, Reidel.

MENSCH, G. (1979): *Stalemate in Technology*, Ballinger Publ. Co.

MICHALET, C.A. (1977): *Transfer technologique et firme multinationale*, OECD, Paris.

MICHALET, A. and Delapierre (1977): *Impact of Multinational Enterprises on National Scientific and Technical Capacities: Computer and Data Processing Industry*, OECD, DSTI/SPR/77.39-MNE.

MISHRA, Ramesh (1979): "Technology and Social Structure in Marx's Theory", in *Science and Society*, vol. XLIII, No. 2.

MOODY'S Industrial Manual: Moody's, New York (annual).

MORDKA, I. (1967): "A Comparison of a Research and Development Laboratory's Organization Structure", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM 14, No. 4, December.

MORREL, J.B. (1972): "The Chemical Breeders", AMBIX, vol. XIX, 1, March.

MOWENY, D. and Rosenberg, N. (1979): "The Influence of Market Demand on Innovation", in *Research Policy* 8, pp. 102-53.

MUELLER, P. (1963): "DuPont's Product and Process Innovations", in *The Rate and Direction of Inventive Activities*, N.B.E.R. Princeton.

MUSSEN, A. E. and Robinson, E. (1969): *Science and Innovation in the Industrial Revolution*, Manchester University Press.

MYERS, S. and Marquis, D. (1969): *Successful Industrial Innovations*, Washington, D.C., N.S.F. 69-17.

NADIRI, M.I. (1970): "Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A Survey", *Journal of Economic Literature*, December, 8(4), pp. 1137-77.

NAS (1978): *Technology, Trade and the U.S. Economy*, National Research Council, Washington, D.C.

NATIONAL Academy of Sciences (NAS) (1966): *Applied Science and Technological Progress*, National Academy of Sciences, Washington, D.C., June.

NATIONAL Bureau of Economic Research (ed.) (1963): *The Rate and Direction of Inventive Activity Economic and Social Factors*, Princeton University Press.

NATIONAL Science Board (1979): *Science Indicators 1978*, National Science Foundation, Washington, D.C.

NATIONAL Science Foundation (1979): "National Patterns of R&D Resources 1953-1979", published by NSF, 79-313.

NATIONAL Science Foundation (1971): "R&D and Economic Growth/Prod", NSF, Washington, D.C., 72-303.

NATIONAL Science Foundation (1973): "Interactions of Science and Technology in the Innovation Process", Battelle Columbus Lab., NSF, 667.

NEEDHAM, D. (1975): "Market Structure and R&D Behavior", *J. Ind. Econ.*, June, 23(4), pp. 241-55.

NELSON, R.R. and Winter, S. (1974): "Evolutionary vs. Neo-classical Theories of Economic Growth", *Economic Journal*, December.

NELSON, R. (1979): "Innovation and Economic Development", Working Paper No. 31, IDB/ECLA, Buenos Aires, April.

NELSON, R.R. (1962): "The Link between Science and Invention: the Case of the Transitor", in *Rate and Direction of Inventive Activity*, National Bureau of Economic Research, Princeton University Press.

NELSON, R.R. (1965): "Technical Advance and Growth of Potential Output", in *Patents & Progress* (ed. W. Alderson Irwin), Homeward, Illinois.

NEWFARMER, R.S. (1978): *The International Market Power of Transnational Corporations*, UNCTAD.

NOBLE, P. (1977): *America by Design*, Knopf, New York.

NORRIS, K. and Vaizey, J. (1973): *The Economics of Research and Technology*, Allen & Unwin, London.

OECD (1970): *Gaps in Technology*, OECD, Paris.

OECD (1971): *Conditions for Success in Technological Innovation*, OECD, Paris.

OECD (1972): *The Research System, vol. I; France, Germany, U.K.* OECD, Paris.

OECD (1976): *La mesure des activités scientifiques et techniques*, OECD, Paris.

OECD (1979): *Evolution de la R&D industrielle dans certains pays membres de l'OECD 1967-75*, OECD, Paris, 218 pp.

OKOLIE, C.C. (1975): *Legal Aspects of the International Transfer of Technology to Developing Countries*, Praeger, New York.

O'NEAL, C. (1970): "Morphological Analysis", in *Business Horizons*, December.

ORTH, Charles D. (1964): "The Optimum Climate for Industrial Research", in *Administering R&D*, Onth, Irwin & Dansey Press.

PACEY, A. (1975): *The Maze of Ingenuity*, Holmes & Meier Inc., New York.

PARKER, J.E.S. (1974): *The Economics of Innovation: The National and Multinational Enterprise in Technolgical Change*, Longman, London.

PETERSON, W.L. (1976): "A Note on the Social Returns to Private Research and Development", *American Journal Agr. Econ.*, May 58(2), p. 324.

PHILIPS, A. (1966): "Patents, Potential Competition and Technical Progress", *American Economic Review*, May, V, 56, 2, p. 265.

PHILLIPS Petroleum (1979): Advertisement.

POLK, J., Meister, I.W. and Veit, L.A. (1966): *U.S. Production Abroad and the Balance of Payments*, National Industries, Conference Board, New York.

POSNER, M.U. (1961): "International Trade and Technical Change", *Oxford Economic Papers*, October.

POULANTZAS, Nikos (1971): *Fascismo y dictadura*, Siglo XXI.

PRICE, D. de Solla (1963): *Little Science, Big Science*, Columbia University Press.

PRICE, Derek de Solla (1968): *Science Since Babylon*, Yale University Press.

PRICE, Derek de Solla (1976): "An Extrinsic Value Theory for Basic and 'Applied' Research", *Policy Studies Journal*, 5(2), pp. 160-68, Winter.

PRICE, W.J. and Bass, L.W. (1969): "A survey of scientific research on innovative process", in *Science*, vol. 164, p. 802.

PROGRES Scientifique (1969): "La route 128", No. 134, October, p. 11 (anon.).

QUINN, James B. and Cavanaugh, Robert M. (1964): "Fundament Research Can Be Planned", in *Harvard Business Review*, January-February.

QUINN, James Brian and Mueller, James A. (1963): "Transfering Research Results to Operations", *Harvard Business Review*, January-February.

RABLIN, Y. (1977): "La chemie et le pétrole: les débuts d'une liason", *Rev. Hist. Sc.*, vol. XXX, No. 4.

RAMESH, J. and Weiss, C. (1979): *Mobilizing Technology for World Development*, Praeger.

RANCE, H.F. (1968): "Financing R&D", *Management Decision*, Autumn.

RANDELL, B. (ed.) (1975): *The Origins of Digital Computers*, Springer-Verlag, 2nd ed.

RAY, G.F. and Jones, D.T. (1975): "Innovation in the Gas Industry", *Nat. Inst. Econ. Rev.*, 3(73), p. 47.

RAY, G.F. and Uhlman (1979): "The Innovation Process in the Energy Industries", *Nat. Inst. of Econ. and Soc. Res.*, CUP.

RICHARDSON, P.R. (1977): *The Aquisition of New Process Technology by Firms in the Canadian Mineral Industries*, Dept. of Industry, Trade and Commerce, February.

RICHTOR, R. (1968): *Civilization at the Crossroads*, International Arts and Sciences Press.

ROBERTS, Edward R. (1971): "Some Characteristics of Technical Entrepreneurs", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM 18, No. 3, August.

ROBERTS, E. (1968): "The Myths of R&D Management", *Science and Technology*, august.

ROBINSON, J. (1972): *An Essay in Marxian Economies*, MacMillan, London.

RODOLSKY, Roman (1977): *The Making of Marx's Capital*, Pluto Press.

RONSTADT, Robert (1977): *Research and Development Abroad by U.S. Multinationals*, Praeger, New York.

ROSE and Rose (eds.) (1970): *Science and Society*, Penguin Books, London.

ROSE, H. and Rose, S. (1976): *The Political Economy of Science*, McMillan, London.

ROSE, S. (1977): "Why the Multinational Tide is Ebbing", *Fortune*, August, p. 111.

ROSENBERG, N. (ed.) (1971): *Economics of Technological Change*, Penguin.

ROSENBERG, N. (1976a): "The Econometric Conceptualization of Technological Change", in *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press.

ROSENBERG, N. (1976b): "Science Invention and Economic Growth", in *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press.

ROTHWELL, Roy (1977): "The Characteristics of Successful Innovators and Technically Progressive Firms", *R&D Management* 7, 3.

RUBENSTEIN, A. (1964): "Organizational Factors affecting Research and Development Decision-making in large Decentralized Companies", *Management Sciences*, vol. 10, No. 4, July.

RUBENSTEIN, A. and Hannemberg, R. (1965): "Idea Flow and Project Selection in Several Industrial Research Laboratories" (ed. Tybout), *The Economics of R&D*, Ohio State University Press.

RUBIN, I.I. (1972): *Essays on Marx's Theory of Value*, Black & Red, Detroit.

RUSSO, F. and Erbes, R. (1959): "La recherche-développement", *Cahiers de l'ISEA*, T. 1, No. 84, Paris, Juillet, pp. 7-14.

SABATO, J. (1971): *The Commerce of Technology*, Organization of American States, Washington, D.C.

SABATO, J.A. (1975): "Using Science to 'manufacture' Technology", *Impact of Science on Society*, vol. XXV, No. 1.

SABATO, J. (1979): "The Technology Factory", *Mazingira* 8.

SABATO, J. y Mackenzie, M. (1980): "Technology and the Productive Structure", *Interciencia*, vol. 5, No. 1.

SAGASTI, F. (1978): *Science & Technology for Development*, vol.II of STPI, IDRC.

SANDRETTO, P.C. (1968): *The Economic Management of Research and Engineering*, Wiley and Sons, New York.

SCHMITT, Roland W. (1972): "Programme Goals, Budgeting and Management of Diversified R&D", in *Management of R&D*, OECD, Paris.

SCHMOOKLER, Jacob (1966): *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Massachussets.

SCHOEN, D. (1961): "Managing Technological Innovation", *Harvard Business Review*, June.

SCHON, D. (1967): *Technology and Change*, Pergamon, Oxford.

SCHWARTZMAN, D. (1976): *Innovation in the Pharmaceutical Industry*, The Johns Hopkins University Press.

SCIBERRAS, E. (1977): *Multinational Electronics Companies and National Economic Policies*, JAI Press.

SCIENCE Council of Canada (1979): *Forging the Links*, February.

SEILER, R. (1965): *Improving the Effectiveness of R&D*, McGraw Hill, New York.

SHAMIN, A., Dubinkin, V. and Smirtivkor, V. (1973): "Structural analysis of the network of scientific organizations", *Problems of Economics*, December, 16(8), pp. 44-55.

SHEPARD, Herbert A. (1964): "Nine Dilemmas in Industrial Research", in *Administering R&D* (ed.), Onth, Charles D., Irwin & Dorsey Press, Homeward, Illinois.

SHERWIN, C.W. and Isenson, R.S. (1966): *First Interim Report on Project Hindsight* (Sum.), Office of Def. Research and Eng., Washington.

SHIMSHANI, Daniel (1970): "The Mobile Scientist in American Instrument", *Minerva* 8.

SHIPMAN, J.R. (1967): "International Patent Planning", *Harvard Business Review*, March/April..

SILK, L.S. (1960): *The Research Revolution*, McGraw-Hill.

SINGER *et al.* (eds.) (1958): *A History of Technology*, vol. IV, Oxford.

SMITH, Adam (1976): *An Enquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Dent edition, 1910.

SMITH, C.S. (1970): "Art, Technology and Society", *Technology and Culture*, vol. II, No. 4, October.

SMITH, W.J.J. and Creamer, D. (1968): *R&D and Small Company Growth. Statistical Review and Case Studies*, Conference Board, New York.

SOLO, R. (1966): "The Capacity to Assimilate an Advanced Technology", *American Economic Review, Papers & Proceedings*, May.

SOLOW, R. (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, August.

SPRU (1973): *The Sappho Project*, Science Policy Research Unit, Sussex University.

SPURGEON, D. (ed.) (1979): *Give us the Tools*, IDRC.

SQUIRE, L. and Van Der Tak, G. (1975): *Economic Analysis of Projects*, World Bank.

STEELE, L.W. (1979): "Transnational Enterprises and Technology Flows: A Business Viewpoint", in *Mobilizing Technology for World Development* (ed. J. Ramesh and Ch. Weiss Jr.), Praeger, New York.

STEWART, Francis (1977): *Technology and Underdevelopment*, MacMillan.

SUITS, G. and Bueche, A. M. (1966): *Cases of Research and Development in a Diversified Company*, National Academy of Sciences.

SUNKEL, O. (1974): *A Critical Commentary on the U.N. Report on Multinational Corporations in World Development – I.D.S. Discussion Paper No. 52*, Institute of Development Studies, University of Sussex, June.

SUSSKIND, C. (1976): "Commentary", *Technology and Culture*, vol. 17, No. 3, July.

SUTTON, A.C. (1972): *Western Technology and the Soviet Economic Development 1930-45*, Hoover Institution, New York.

SWEEZY, P. (1970): *Theory of Capitalist Development*, Modern Reader, New York.

SYMES, J.M.D. (1975): *Instrument, Progress and Policy in Science: the Case of I.R. and N.M.R. Spectroscopy in Chemistry*, unpublished M. Phil. thesis, Sussex.

TAGGINI, Renato (1964): "Value Orientations of Managers and Scientists", in *Administering Research and Development* (eds. Onth, Bailey and Wolck), Illinois.

TANENBAUM, M. *et al.* (1966): *Materials Advisory Board of the National Research Council, Report*, ARPA, Washington.

TATON, R. (1957): *Reason and Chance in Scientific Discovery*, Hutchinson.

TAYLOR, C.T. and Silberston, E.A. (1973): *The Economic Aspect of the Patent System: A Study of the British Experience*, Cambridge University Press.

TEUBAL, M. (1976): "Threshold R&D Levels in Sectors of Advanced Technology", *European Economic Review*, May, 7(4), p. 395.

TILTON, John E. (1971): *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors*, The Brookings Institution, Washington, D.C.

TOWNSEND, F. (1976): *Innovation in Coal Mining Industry The Anderton Shearer Loader*, SPRU Occasional Paper No. 3.

TRAK, A. and Mackenzie, M. (1980): "Appropriate Technology: A Note on Policy Considerations", *Technological Forecasting and Social Change* (forthcoming).

TYBOUT, R. (ed.) (1965): *The Economics of Research and Development*, Ohio State University Press.

UNCTAD (1978): *Strengthening the Technological Capacity of Developing Countries*, Geneva.

UNITED Nations (1979): *Facts*, Division of Economic and Social Information, UN, New York, June.

UNITED Nations (1973): *Multinational Corporations in World Development*, New York.

UNITED Nations Development Program (1975): *Multinational Technology Enterprises: A Mechanism for Promoting Scientific and Technical Cooperation in Latin America*, UNDP, Regional Bureau for Latin America.

U.S. Department of Commerce (1953): *Direct Foreign Investments of the US: Census of 1950*, Office of Business Economics, Washington, D.C.

USHER, A.P. (1929): *A History of Mechanical Inventions*, London and New York.

UZAWA, H. (1971): "On a Two-Sector Model of Economic Growth", in *Readings in the Theory of Growth* (ed. F. H. Hahn), MacMillan Student Editions, pp. 19-26.

VAITSOS, C. (1976): "The Revision of the International Patent System", *World Development*, vol. 4, No. 4, February, p. 85.

VAITSOS, C. (1979): "Government Policies for Bargaining with Transnational Enterprises in the Acquisition of Technology", in *Mobilizing Technology for World Development* (ed. J. Ramesh and Ch. Weiss Jr.), Praeger, New York.

VAITSOS, C.V. (1974): *Intercountry Income Distribution and Transnational Enterprises*, Oxford University Press, London.

VARCOE, I. (1970): "Scientists, Government and Organized Research in Great Britain 1914-16", *Minerva* VIII, No. 2, April.

VAUPEL, J.W. and Curhan, J.P. (1973): *The World's Multinational Enterprises*, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston.

VERNON, R. (1966): "International Trade and International Investment in the Product Cycle", *Quarterly Journal of Economics*, May.

VERNON, R. (1971): *Sovereignty at Bay*, Longman, London.

WEINER, S. (1972): "Resource Allocation in Basic Research and Organizational Design", *Public Policy*, Spring, 20 (2), pp. 227-55.

WHO Owns Who, Dunn and Bradstreet (annual).

WILCZYNSKI, J. (1974): *Technology in COMECON*, Praeger, New York.

WILLIAMS, E. (1964): "A Systems Approach to Manpower Management", *Business Horizons*, Summer.

WILLIAMS, R. (1971): "Technology expands the Politically Possible", *Politics and Technology*, Papermac.

WILLIAMS, Bruce Rodda and Carter, C.F. (1971): *Investment in Innovation*, McDonald, London.

WILLIAMS, B.R. (ed.) (1973): *Science and Technology in Economic Growth*, Wiley, New York.

WILSON, A. (1972): "Organizing R & D", *The Times*, January 10.

WILSON, J.C. (1970): "The New Entrepreneur", in *Technological Change and Management* (ed. David W. Ewing), Harvard University, Graduate School of Business, Boston.

WINNER, L. (1977): *Autonomous Technology*, MIT.

WIONCZEK, M. (1979): "A Code of Conduct", *Mazingina*, No. 8.

WIONCZEK, M. (1979): "The Debate on the New International Economic Order and the Development of the Third World", *Background Paper 29th Pugwash Conference*, Mexico City, July.

WISE, T.A. (1966): "IBM $ 5 000 000 000 gamble", *Fortune*, September.

WYNN, M.R. and Rutherford, G.H. (1964): "Ethylene's Unlimited Horizons", *European Chemical News Large Plants Supplement*, 16 October.

YARSLEY, V. E. and Couzens, E.G. (1956): *Plastics in the Service of Man*, Penguin.

YOVITZ, M., Gilford, D., Wilcox, R., Staveley, E. and Lerner, H.: *Research Program Effectiveness*, Gordon and Breach Publ, New York.

ZARECOR, William D. (1975): "High-technology Product Planning", *Harvard Business Review*, January-February.

ZOPPOTH, R. (1972): "The Use of Systems Analysis in New Product Development", *Long Range Planning*, March.

ZYSMAN, J. (1974): *French Industry between the Market and the State*, Ph. D., MIT.

Los documentos que integran la Biblioteca PLACTED fueron reunidos por la Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad (CPS). Contribuciones a un Pensamiento Latinoamericano, que depende de la Universidad Nacional de La Plata. Algunos ya se encontraban disponibles en la web y otros fueron adquiridos y digitalizados especialmente para ser incluidos aquí.

Mediante esta iniciativa ofrecemos al público de forma abierta y gratuita obras representativas de autores/as del **Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Dependencia (PLACTED)** con la intención de que sean utilizadas tanto en la investigación histórica, como en el análisis teórico-metodológico y en los debates sobre políticas científicas y tecnológicas. Creemos fundamental la recuperación no solo de la dimensión conceptual de estos/as autores/as, sino también su posicionamiento ético-político y su compromiso con proyectos que hicieran posible utilizar las capacidades CyT en la resolución de las necesidades y problemas de nuestros países.

PLACTED abarca la obra de autores/as que abordaron las relaciones entre ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia en América Latina entre las décadas de 1960 y 1980. La Biblioteca PLACTED por lo tanto busca particularmente poner a disposición la bibliografía de este período fundacional para los estudios sobre CyT en nuestra región, y también recoge la obra posterior de algunos de los exponentes más destacados del PLACTED, así como investigaciones contemporáneas sobre esta corriente de ideas, sobre alguno/a de sus integrantes o que utilizan explícitamente instrumentos analíticos elaborados por estos.

Derechos y permisos

En la Cátedra CPS creemos fervientemente en la necesidad de liberar la comunicación científica de las barreras que se le han impuesto en las últimas décadas producto del avance de diferentes formas de privatización del conocimiento.

Frente a la imposibilidad de consultar personalmente a cada uno/a de los/as autores/as, sus herederos/as o los/as editores/as de las obras aquí compartidas, pero con el convencimiento de que esta iniciativa abierta y sin fines de lucro sería del agrado de los/as pensadores/as del PLACTED, ***requerimos hacer un uso justo y respetuoso de las obras, reconociendo y citando adecuadamente los textos cada vez que se utilicen, así como no realizar obras derivadas a partir de ellos y evitar su comercialización.***

A fin de ampliar su alcance y difusión, la Biblioteca PLACTED se suma en 2021 al repositorio ESOCITE, con quien compartimos el objetivo de "recopilar y garantizar el acceso abierto a la producción académica iberoamericana en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología".

Ante cualquier consulta en relación con los textos aportados, por favor contactar a la cátedra CPS por mail: catedra.cienciaypolitica@presi.unlp.edu.ar