

# LECTURAS

Colección General

50.003 SAL

82

Una búsqueda incierta

Salomón, Jean-Jacques, omp



FC/04204

## Una búsqueda incierta Ciencia, tecnología y desarrollo

JEAN-JACQUES SALOMON, FRANCISCO SAGASTI  
Y CÉLINE SACHS  
(COMPILADORES)



04204



EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE LAS NACIONES UNIDAS  
TOKIO-NUEVA YORK-PARÍS  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS  
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA  
MÉXICO

29/10/96 - ANDE \$156 - FC 96: TEXTOS

107

50.003  
SAL

cos. La actual preferencia por el “desarrollo sostenible” emana de la conciencia de que el “paradigma económico” puro tiene sus límites, ya sea inspirado por la izquierda o por la derecha, y de que la teoría y la práctica económicas deben desistir de las ilusiones de un rápido “despegue” o “salida del atraso”, y adaptarse, en cambio, a las realidades históricas que conforman las características —y las limitaciones— de cada país.

Aunque resulta difícil lograr una comparación internacional utilizando los indicadores existentes respecto a investigación, desarrollo e innovaciones, Jan Annerstedt intenta extraer de las estadísticas disponibles una imagen general de las dimensiones de la ciencia, la tecnología y las innovaciones, subrayando la relación desigual en el gasto en investigación y desarrollo: en 1988-1989, al Tercer Mundo le correspondía poco más de 4.5% de los fondos totales de investigación y desarrollo, y entre los distintos países en desarrollo había considerables diferencias. Una tipología propuesta en relación con la ciencia y la tecnología en el mundo identifica a países: *i)* sin una base científica y tecnológica; *ii)* con los elementos fundamentales de una base científica y tecnológica; *iii)* con una base científica y tecnológica bien establecida, y *iv)* con una base científica y tecnológica económicamente eficiente, particularmente en lo que respecta a la industria. Por último, el autor afirma que, para establecer políticas que puedan evitar una mayor marginación en la inversión extranjera y en la transferencia de tecnología, los países en desarrollo requieren análisis mucho más detallados y estadísticamente sustentados del papel de la ciencia y de la tecnología en el proceso de globalización, y comenta los indicadores de las innovaciones que se están elaborando.

## 1. LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA MODERNAS

*Jean-Jacques Salomon*

### I. EL NACIMIENTO DE LA CIENCIA MODERNA

SE HA dicho que todos los antiguos movimientos científicos de las distintas civilizaciones fueron como ríos que confluieron en el océano de la ciencia “moderna” (Needham, 1969). [La ciencia moderna tiene sus raíces en un pasado extremadamente diverso tanto en el tiempo como en el espacio, que abarca desde las primeras civilizaciones de Asia, Mesopotamia, Egipto, pasando por el “milagro griego”, hasta las tradiciones judeocristiana, árabe y escolástica] Sin embargo, tal como entendemos el término, la ciencia es un fenómeno relativamente reciente. En el siglo XVII se dio un avance importante tan distinto de los anteriores que podría llamársele una “revolución intelectual” sin precedentes.

Gaston Bachelard (1938) lo ha llamado un adelanto epistemológico y Thomas Kuhn (1962), un cambio de paradigmas. De cualquier manera, este parteaguas tuvo incluso mayor importancia porque se inició en Europa y se desarrolló casi de manera exclusiva en esa región durante varios siglos. Inmediatamente después de la invención de la imprenta y del enorme estímulo a la curiosidad que produjeron los “grandes descubrimientos”, las transformaciones económicas y sociales que acompañaron esta revolución científica ayudaron a asegurar, fortalecer y acelerar la expansión de la civilización occidental en relación con todas las demás. No es de sorprender que la historia de la ciencia occidental se haya escrito a menudo como una historia de conquistas y que se haya sobresimplificado de tal manera que se presente a la ciencia como agente del colonialismo europeo o como característica residual del imperialismo poscolonial. Pero la historia no es menos complicada que el concepto de una revolución científica (Cohen, 1985).

La ciencia moderna no ocurrió en un solo día; fue necesario mucho tiempo para que surtiera efecto en el pensamiento de la gente y en las instituciones; lo que además se vio dificultado porque, durante los inicios de la ciencia experimental, la mayoría de los hechos eran todavía tan inciertos que la especulación tuvo su auge. Además, algunos de los pensadores más innovadores (como Kepler y Newton) en muchos aspectos pertenecían al antiguo orden, participaban en parte en la era moderna mediante sus contribuciones radicales a la astronomía, pero también seguían perteneciendo al pasado por sus vínculos con la her-

mética, el misticismo o la astrología. En un sistema de pensamiento que no se había liberado todavía de la alquimia o de la tradición académica heredada de Aristóteles, la difusión de nuevas ideas fue obstaculizada por una fuerte resistencia, proveniente de una combinación de prejuicios, dogmas y hábitos. La revolución científica del siglo XVII ha generado una gran cantidad de bibliografía, que constantemente se reinterpreta y reevalúa (Lindberg y Westman, 1990).

["La naturaleza se expresa matemáticamente": esta famosa frase de Galileo] apareció en su *Saggiatore* en 1623; señala de manera simbólica el rompimiento con la antigua noción de la naturaleza como un conjunto de sustancias, formas y cualidades, y sugiere, por lo contrario, una concepción por completo distinta en términos de fenómenos cuantitativos que, por definición, pueden ser medidos y, por lo tanto, potencialmente controlados. Esta "reforma intelectual" no sólo condujo a la transformación de la ciencia, que evolucionó de manera gradual para convertirse en una gama de ciencias múltiples y variadas, cada una a su vez dividida en más y más subdisciplinas especializadas; también llevó a una transformación de mentalidades, estructuras e instituciones. La separación entre las artesanías y la ciencia reflejó un rompimiento en el orden social y, por tanto, una distinción de clases: la tecnología, reservada hasta entonces para la "clase servil", se convierte en colaboradora indispensable de la ciencia especulativa, hasta entonces reservada para la "clase profesional". Este acercamiento de teoría y práctica representa un giro revolucionario tanto en el ámbito intelectual como en el social. El antiguo dicho: "conocer es contemplar" fue sustituido por uno nuevo: "conocer es actuar, manipular, transformar"; en palabras de Bacon: *el conocimiento es poder*. Asimismo, los conocimientos (el *know-how*) del técnico se deben relacionar estrechamente con la manera teórica de pensar y de actuar del científico.

El proceso de creación, expansión, consolidación y éxito de la ciencia moderna ha pasado por tres etapas distintas: institucionalización, profesionalización e industrialización. En todos los países industrializados, esas etapas se dieron con la misma secuencia histórica y tomaron varios siglos, mientras que en los países en desarrollo —la mayoría de los cuales apenas recientemente se convirtieron en naciones independientes— a menudo se han sucedido en un orden distinto, al empezar la profesionalización antes que la institucionalización, o incluso la industrialización antes que la profesionalización. Los problemas de los sistemas científicos y tecnológicos en muchos de estos países —como la falta de reconocimiento social de sus científicos y de sus instituciones de investigación— a menudo pueden atribuirse en gran medida a este desarrollo acelerado que con frecuencia no trae los beneficios

de una tradición científica previa y que ocurre en unas cuantas décadas en circunstancias muy distintas de las ocurridas en los países industrializados.

### 1. La institucionalización de la ciencia

En su utopía *New Atlantis* (1627), Bacon vislumbraba entonces la investigación científica como un servicio público, con la mayoría de las funciones que de hecho adquirió entre esos días y la época actual: la investigación se convertiría en una profesión, manejada por administradores, en el tema de las decisiones políticas, que requeriría fondos y resoluciones; produciría resultados útiles y utilizables; sería responsable de informar y educar a todos los niveles, recurriendo a toda suerte de especialistas, desde investigadores hasta administradores, e incluso agregados científicos, cuyo papel sería dar a conocer en el extranjero los descubrimientos científicos de un país y mantenerse al tanto —si no es que actuar como espía— de los de otros países. La relación que ha establecido la ciencia moderna entre la teoría y la práctica genera un poder de actuación inseparable de su poder de explicación.

La institucionalización empezó en las comunidades especializadas de las academias, que aparecieron en un principio en Italia: se distanciaron tanto de la ciencia aristotélica (gramática, retórica y lógica) como de otras instituciones (políticas, religiosas, filosóficas), que no compartían su interés exclusivo por "perfeccionar el conocimiento de las cosas naturales y de todas las artes útiles... mediante la experimentación", como se lee en el acta constitutiva de la Real Sociedad (Royal Society, 1662). He aquí el origen tanto de la secularización del mundo moderno —la diferenciación entre la esfera de las pruebas y los hechos científicos, y la de la fe y las convicciones— como de las inclinaciones reduccionistas, positivistas o incluso "cientificistas" de algunos científicos. También es posible ver en las posturas de las academias las primeras manifestaciones de los conflictos que ha mantenido la ciencia desde Galileo con autoridades que creían poder imponer sus creencias, contrarias a las teorías científicas y a los hechos científicamente establecidos. De hecho, poco ha cambiado desde que Galileo le escribió a Cristina de Lorena que interferir con la labor de los investigadores "sería ordenarles que vean lo que no ven, que no comprendan lo que comprenden y, cuando buscan, que encuentren lo contrario de lo que encuentran".

No obstante, desde el comienzo, los círculos científicos se han asociado con quienes detentan el poder político, para buscar su protección y respaldo, ofreciendo a cambio resultados útiles y utilizables. El estilo

de la institucionalización varió naturalmente según el contexto nacional. La Real Academia de Ciencias (Académie Royale des Sciences) fue creada en Francia por el ministro de Luis XIV, Colbert, y se mantuvo bajo un estricto control real; sus miembros recibían salarios y de las arcas del Estado se asignaban 12 mil libras anuales para equipo y experimentos; se contrataba a ciertos especialistas extranjeros (como Huyghens y los Cassini) con salarios descomunales, como un primer ejemplo de la "fuga de cerebros" organizada. En contraste, la Real Sociedad de Londres disfrutaba de un apoyo oficial puramente formal y hasta 1740 su presupuesto anual fue inferior a las 232 libras esterlinas, principalmente mediante contribuciones de sus miembros, y sólo tenía dos nombramientos oficiales. Sin embargo, ambas instituciones se mostraban ávidas por obtener reconocimiento gracias a los servicios prestados al Estado, por ejemplo, al resolver el problema de calcular la longitud en el mar, cuestión estratégica de suma importancia y por la cual las naciones marítimas ofrecían recompensas considerables (Merton, 1938).

El proceso de institucionalización se propagó durante los siglos XVII y XVIII. Los laboratorios adjuntos a las academias proporcionaron un nuevo espacio, fuera de las universidades, para las actividades de los investigadores y el desarrollo de nuevas ideas. Pero la institucionalización no implicaba todavía profesionalización, aunque los miembros de las academias de París o Berlín eran asalariados. La membresía aún permanecía limitada a una diminuta *elite*, gran parte de la cual se dedicaba a la política, al ejército o a la Iglesia más que a la investigación científica. La institucionalización ayudó a promover el "papel del científico como investigador", pero esta función apenas empezaba a desarrollarse y distaba mucho de lograr el reconocimiento social (Ben-David, 1971).

## 2. La profesionalización de la ciencia

Una profesión es una ocupación con reconocimiento legal, que en general sigue una trayectoria a lo largo de toda la vida del individuo y le sirve como medio de subsistencia. La investigación científica empezó a alcanzar este nivel a principios del siglo XIX, pero no lo logró totalmente sino hasta poco antes de la segunda Guerra Mundial. La Escuela Politécnica (École Polytechnique) de Francia inició el proceso: ofreció por primera vez capacitación técnica con un laboratorio de investigación y enseñanza por parte de profesores nombrados especialmente (por ejemplo, Monge). Sin embargo, en poco tiempo la Escuela Politécnica centró su atención en la enseñanza más que en "hacer

ciencia" y sus graduados se convirtieron en funcionarios públicos de alta jerarquía y no en investigadores científicos. El químico alemán Liebig, egresado de esta escuela, introdujo el mismo modelo en su universidad en Giessen, desde donde se difundió a todo el continente. La investigación se convirtió en un campo de acción para maestros universitarios (profesionales) en lugar de académicos (aficionados). La reforma de Humboldt en las universidades siguió en gran medida esta línea y la investigación científica pasó a formar parte integral de las responsabilidades de estos centros de estudios. La mera posesión y transmisión de conocimientos no bastaba; la universidad debía también crear conocimientos.

Estos sucesos se reflejaron en los cambios en la membresía de la Real Sociedad de Londres: el número de científicos académicos creció a más del doble entre 1881 y 1914, cuando integraban 61% del total, mientras que otras categorías, como "legos distinguidos", soldados y eclesiásticos se redujeron notoriamente. El término "científico", que Whewell utilizó por primera vez en 1840, sustituyó a "filósofo natural" o "sabio", primero en los países de habla inglesa y un siglo después en otros. De hecho, el lenguaje y las actividades de la ciencia se habían tornado incomprensibles para cualquiera que no contara con la capacitación necesaria. Proliferaron nuevas especialidades, disciplinas y subdisciplinas, que generaron sus propias redes de instituciones, publicaciones y reuniones. El número de investigadores aumentó enormemente: no sólo científicos, sino ingenieros y expertos técnicos, que trabajaban cada vez más en equipos o grupos —a menudo fuera de las universidades en laboratorios públicos o industriales— o para organismos de defensa. Al igual que en cualquier otra profesión, el aumento cuantitativo condujo a una competencia feroz por el reconocimiento, así como por los recursos y la supervivencia. James Watson ofrece un relato muy personal y vívido del descubrimiento del código genético en *La doble hélice* (1968), donde describe la conducta despiadada que a menudo se requería para obtener reconocimiento como uno de los mejores equipos de investigación del mundo, y para lograr el más grande homenaje: el Premio Nobel. La frase usual en los Estados Unidos "publicar o perecer" es otro ejemplo de la deformación de la ética científica originada por la competencia dentro de una comunidad científica mundial, donde el "crédito" que acompaña a los resultados producidos y publicados para obtener prestigio también determina el "crédito financiero" que requiere cualquier programa de investigación para sobrevivir.

El proceso de profesionalización implica ser miembro de una comunidad, con sus propias reglas, ritos de iniciación, pruebas de ingreso y

aceptación continua. De hecho, la comunidad científica tiene un doble papel: comunicar y reglamentar. Es responsabilidad suya difundir los resultados del trabajo que se está realizando, así como publicar y promover la ciencia tanto dentro de sus propias filas como en el exterior: hacia los encargados de la toma de decisiones y al público en general. También se encarga de los intercambios académicos, aprueba requisitos y proyectos de investigación, procura el ascenso de los investigadores y los honra con premios y becas. En términos institucionales, estas funciones se llevan a cabo en academias, sociedades de expertos, "comités de colegas", grupos de examinadores y jurados. El requisito básico para el investigador es contar con el doctorado, que tuvo sus orígenes en Alemania a mediados del siglo XIX y constituye ahora el requisito normal de entrada para la profesión.

[En la investigación básica, a diferencia de la investigación tecnológica, se espera que los científicos compartan sus resultados generosamente con el resto de la comunidad científica. El progreso depende y ocurre mediante la publicación de resultados y de la cooperación que, por definición, trasciende las fronteras nacionales e ideológicas: es, de hecho, un asunto del "dominio público" donde las normas establecen las condiciones para trabajar en el campo, al igual que lo hacen para el avance del conocimiento y el *know-how* (Ziman, 1968). A su vez, los científicos esperan recibir más recursos para poder proseguir con su trabajo, que tal vez conduzca a reconocimientos mayores] En verdad existen ciertas semejanzas con el proceso de canonización de la Iglesia, excepto que los candidatos se encuentran con vida y el *cursus* de honores (publicación en revistas de prestigio, membresía en sociedades eruditas, premios nacionales e internacionales, etcétera) los ayuda a avanzar en su vida profesional. Kuhn (1962) ha demostrado que la profesionalización en las ciencias naturales es inseparable de este papel regulatorio de la comunidad científica. Si la ciencia logra avanzar es precisamente porque el proceso de aprendizaje depende de la publicación de los esfuerzos actuales de investigación en un ámbito dado. Una revolución científica ocurre cuando se adopta un nuevo "paradigma", que obliga a la comunidad a descartar los libros y los artículos que se produjeron sobre la base del paradigma anterior. No existe equivalente en la educación científica del museo de arte o de la biblioteca de los clásicos. Mientras que en las artes o en las ciencias sociales no puede ignorarse la labor de los grandes del pasado —los escritos de Platón o de Weber aún son un elemento fundamental en los análisis de la filosofía o la sociología—, no se requiere que un estudiante moderno de física lea a Newton, Faraday o Maxwell.

[Por último, el proceso de profesionalización no sólo conduce al re-

conocimiento abstracto de cierto nivel, sino que también (y tal vez sobre todo) implica recompensas socialmente aceptadas en términos de ingresos y recursos vinculados de manera directa con la actividad de investigación. Esta legitimación social se empezó a dar en los Estados Unidos antes que en Europa, poco después de la primera Guerra Mundial. Como señaló Ben-David (1971):

El requisito de tener un doctorado redujo el número de candidatos y, por tanto, aumentó el valor de mercado de quienes poseían este título. Pero su principal efecto fue crear un papel profesional, que implicaba cierto *ethos* por parte del científico y también de su empleador. El *ethos* exigía que quienes recibieran el doctorado deberían mantenerse al ritmo de los avances científicos, investigar y contribuir al progreso de la ciencia. El patrón, al emplear a una persona con doctorado, aceptaba la obligación implícita de proporcionarle las instalaciones, el tiempo y la libertad adecuados a su capacidad, para la investigación y el estudio continuo.

En Europa, en el periodo de entreguerras, los científicos enfrentaron grandes dificultades para convencer a los gobiernos de reconocer su papel como investigadores. De hecho, las actividades de investigación seguían aparentando ser un fin en sí mismas en ese continente —una vocación, más que una función productiva— dentro del contexto de una cultura universitaria, aisladas por sus instituciones y por su contexto de los problemas de la comunidad y de los asuntos mundanos; se mantenían al margen de las funciones universitarias y ahí permanecieron tanto tiempo que Jean Perrin, laureado con el premio Nobel de Física, dijo en 1933 que "el uso de becas universitarias para la investigación científica es una irregularidad ante la cual las autoridades están dispuestas a hacerse de la vista gorda". (Salomon, 1973).

Poco después de la segunda Guerra Mundial la función de los científicos dedicados de tiempo completo a la investigación llegó a obtener pleno reconocimiento en la mayoría de los países industrializados capitalistas, con salarios negociables. En los Estados Unidos la negociación se lleva a cabo mediante contratos individuales, mientras que en países como Francia forma parte de las negociaciones normales con los sindicatos y las organizaciones profesionales que se encargan de las condiciones de los funcionarios públicos. Sin embargo, dentro de uno u otro sistema la investigación se ha integrado a la categoría general de profesiones que sirven a sus miembros para ganarse la vida. Esta etapa probablemente no se habría alcanzado con tal rapidez o en tal medida de no ser por los estímulos desarrollados en la industria y por las políticas deliberadamente dirigidas a la ciencia y a la tecnología creadas después de la segunda Guerra Mundial.

### 3. La industrialización de la ciencia

No debe confundirse la industrialización de la ciencia con la investigación industrial. Esta última data de mediados del siglo XIX y sencillamente reúne el laboratorio y la fábrica. La industrialización implica el desarrollo de grandes equipos y la aplicación de métodos de administración industrial a las propias actividades científicas. Esta etapa de "ciencia en grande" (Price, 1963) se inició apenas entre las dos guerras mundiales y creció con rapidez después de 1945. De hecho [la ciencia y la tecnología mantuvieron relativamente poco contacto entre sí hasta mediados del siglo XIX; y la tecnología contribuyó a la ciencia (por medio de instrumentos científicos) más que a la inversa] Como bien se sabe, la Revolución industrial no guardó en un principio una relación estrecha con la ciencia, sino que la generaron artesanos e ingenieros, que a menudo habían aprendido su oficio sobre la marcha. El ejemplo más famoso es la máquina de vapor, que se inventó casi un siglo antes de que se comprendieran los principios de la termodinámica.

El punto decisivo se dio nuevamente gracias a Liebig, quien inició la "ciencia aplicada" en Alemania, con la explotación de los avances de la química orgánica en la industria de los tintes entre 1858 y 1862. El equipo de Von Baer que trabajaba en la síntesis del índigo recibió el apoyo directo de la Badische Anilin und Soda Fabrik, la cual invirtió casi un millón de libras esterlinas en investigación y desarrollo, es decir, en establecer las reacciones químicas que se requerían a gran escala antes de llegar a la producción comercial. De manera similar, Menlo Park, creado por Edison en 1876, fue el primer laboratorio de investigación y desarrollo en el campo de la electromecánica, así como uno de los primeros ejemplos de capital de inversión que aportaron los bancos en grandes cantidades con la esperanza de beneficiarse con los futuros inventos. Edison no fue tanto un símbolo del fin de la época heroica de los grandes inventores, sino más bien del inicio de la tecnología basada en la ciencia. Aunque él mismo era un experimentador autodidacta y no académico, llevó a Menlo Park a científicos y técnicos egresados de las mejores instituciones europeas.

La investigación industrial pronto dio origen a un nuevo tipo de empresarios que poseían títulos en ciencias de universidades y escuelas de ingeniería, que trabajaban para compañías industriales o que fundaban nuevas industrias. Es importante señalar que estos sucesos dependían de condiciones especiales, cuya ausencia en los países en desarrollo a menudo explica sus dificultades para integrar de manera adecuada a los científicos y los laboratorios en el proceso de producción. Para que florezca la investigación industrial debe existir ya un estrato de indus-

trias relativamente maduras y variadas, y los propios industriales deben tener una formación científica adecuada que puedan poner en práctica tanto en la administración como en la producción. También debe existir una base de científicos dispuestos a realizar investigación "dirigida" a los problemas que enfrentan las compañías, a fin de producir resultados viables en lo comercial dentro de un lapso razonablemente corto (Cardwell, 1957). En algunos casos específicos de investigación científica (partículas elementales, fusión, astronomía, investigación espacial, genoma) no puede concebirse el progreso sin un conjunto decisivo de recursos humanos, equipo e instituciones. Estos requisitos no pudieron satisfacerse en Europa sino hasta principios o incluso mediados del siglo XX. La Revolución industrial se vio acompañada de transformaciones esenciales en la educación superior: combinación de investigación y enseñanza, creación de nuevas especialidades, modificación de las estructuras de las universidades de acuerdo con los cambios que marcaba el progreso científico, así como la introducción de contratos entre universidades e industrias y el reclutamiento cada vez mayor de científicos universitarios por parte de la industria.

La industrialización de la investigación —e incluso de la propia ciencia— es el acontecimiento más reciente y data de la era posterior a la primera Guerra Mundial. El sistema de suministro de armas, transporte, alimentos y servicios de salud (las primeras vacunas) que se estableció para esta guerra sirvió como modelo para el manejo racional de la tecnología en términos de organización, disciplina, estandarización, coordinación, separación del personal de producción y administrativo, etcétera (Roland, 1985 a y b). La primera Guerra Mundial no sirvió tanto para la fabricación de nuevas armas como para la adaptación de las tecnologías civiles existentes para propósitos militares (los automóviles se convirtieron en carros blindados, los aeroplanos en bombarderos, el gas neurotóxico, etcétera). Fue la primera guerra en la cual el resultado se determinó por la capacidad de mantener un suministro constante de material y de máquinas tanto como de municiones, y también la primera en que las operaciones militares empezaron a mecanizarse y a someterse a un manejo científico. Los principios básicos que sustentan los sistemas industriales estadounidenses y europeos en lo que tiene que ver con maquinaria, refacciones, estandarización y producción masiva se extendieron de la economía militar a la civil mediante los proveedores de los ejércitos: el taylorismo y el fordismo tuvieron así sus primeras aplicaciones (Mendelsohn, en Salomon, 1989). Los cambios que se iniciaron en el periodo de entreguerras, cuyo ejemplo más vívido fue la creación de enormes laboratorios industriales, como Bell Labs o Dupont de Nemours en los Estados Unidos,



cobraron mayor ímpetu durante la segunda Guerra Mundial y poco después de ésta, lo que sirvió como estímulo inmediato para los nuevos sistemas de armamento (la bomba atómica, el radar, las computadoras, los motores de reacción, los cohetes, etcétera) que sancionaron el cambio hacia la "ciencia en grande", y también la "tecnología en grande". Los vínculos entre la ciencia y la tecnología se estrecharon de tal modo que su progreso se tornó cada vez más interdependiente.

El elemento que caracteriza esta etapa es, sobre todo, que la ciencia fue cada vez más intensiva en capital y dependiente de enormes inversiones en recursos humanos y equipo especializado. Por un lado, esto fue consecuencia, en parte, de que los programas de investigación eran mucho más caros que antes y, en parte, de que también eran mucho más ambiciosos en términos del alcance de las expectativas de resultados rápidos. "Este cambio es tan radical como aquel que se dio en la economía productiva cuando los artesanos independientes fueron desplazados por la producción fabril de uso intensivo de capital que empleaba mano de obra" (Ravetz, 1971). La ciencia se tornó indispensable para la industria, al tiempo que la industria se impuso a la ciencia, forzándola a adoptar sus intereses, haciéndola dependiente de sus contratos, influyendo en el código moral, incluso hasta el grado de evitar en ocasiones la publicación de ciertos resultados o, por lo contrario, de insistir en patentar cosas que anteriormente eran del dominio público (por ejemplo, programas de cómputo o el clonaje biológico). La industrialización de la ciencia también alteró y amplió el papel del científico, de tal manera que lo convirtió, simultáneamente, en maestro, administrador y científico investigador en las universidades; en contratista para investigaciones en diversos organismos gubernamentales, en asesor para propuestas de investigación, en consultor oficial de proyectos, en consejero militar o diplomático, en especialista en problemas estratégicos como la administración de sistemas avanzados de armamento o la negociación del control armamentista; en asesor privado de compañías y en empresario productor de equipo inventado por él mismo en la industria comercial. Estas transformaciones no dejaron de ocasionar problemas, plantear desafíos a los valores tradicionales y exponer a los investigadores a conflictos de intereses y forzarlos a adoptar compromisos políticos, ideológicos o comerciales, de los cuales sus predecesores habían estado protegidos (o decían estarlo) gracias a la "neutralidad" de la ciencia.

Los hábitos cambian con el tiempo: el investigador académico "autónomo" vino a ser remplazado por el empresario científico que luchaba por obtener reconocimiento y un máximo de ganancia. Posteriormente, muchos otros científicos e investigadores empezaron a trabajar en

laboratorios industriales, públicos o privados y en la milicia, en vez de hacerlo en las universidades. En la era de la ciencia industrializada, las empresas se organizan en torno de la producción basada en la ciencia y en la innovación técnica. La distinción entre ciencia y tecnología se va perdiendo: conforme las tecnologías se han hecho cada vez más complejas, el proceso de innovación ha pasado a depender cada vez más de los descubrimientos y de la metodología de la ciencia. De ahora en adelante, las prácticas y el progreso de la ciencia dependen más de la tecnología que ésta de aquéllas. Es igualmente probable que los descubrimientos importantes ocurran en laboratorios industriales y en las universidades (por ejemplo, el nailon de Dupont, el transistor de Bell Labs, la síntesis de enzimas de Mercks, los superconductores de IBM). Y el sistema de administración, control y evaluación característico de la industria se aplica cada vez más a las actividades de investigación, inclusive la de las universidades.

## II. LA EXPANSIÓN DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGÍA MODERNAS

Como hemos visto, la relación con el poder político existía desde el comienzo de la ciencia moderna, pero era mucho menos eficaz, institucionalizada y sistemática porque la ciencia influía poco en el desarrollo económico, militar y técnico y, al mismo tiempo, porque el Estado casi no intervenía en sus ámbitos. La era de las políticas científicas institucionalizadas en realidad nació apenas cuando las actividades científicas empezaron a tener un efecto directo en el curso de los sucesos internacionales, con lo que provocaron que el Estado se tornara consciente de un área de responsabilidad que ya no podía eludir (Lakoff, 1966; Salomon, 1973; Blume, 1974). Para dar una idea del cambio de escala que surgió como resultado de esto, sólo tenemos que señalar que el presupuesto federal total para investigación y desarrollo en los Estados Unidos era inferior a mil millones de dólares en 1939 (la mayor parte se dedicaba a agricultura y salud); tan sólo el Proyecto Manhattan, responsable de las primeras tres bombas atómicas que se produjeron antes de 1945, tuvo un costo de 2 mil millones de dólares durante tres años; mientras que el Programa Apollo, que envió al hombre a la Luna, costó 5 mil millones de dólares anuales durante diez años. En 1989, el gasto bruto interno estadounidense en investigación y desarrollo alcanzó los 135 150 millones de dólares, de los cuales poco más de 50% se financió con fuentes públicas. Incluso los países que abogan con mayor hincapié por los principios del libre mercado y que detestan la intervención estatal, desde los Estados Unidos hasta Alemania, han aumen-

tado y expandido el apoyo público a la investigación y al desarrollo, tanto directo como indirecto.

Al hablar de políticas científicas nos referimos a las medidas colectivas que adopta un gobierno, por un lado, con el fin de fomentar el desarrollo de la investigación científica y técnica y, por el otro, para explotar los resultados de esta investigación hacia objetivos políticos generales. Hoy día, estos dos aspectos se complementan: las políticas *hacia* la ciencia (la creación de un ambiente que fomente las actividades de investigación) y las políticas *por medio* de la ciencia (la explotación de los descubrimientos y las innovaciones en diversos sectores de interés para el gobierno) están en el mismo nivel en el sentido de que los factores científicos y tecnológicos afectan las decisiones políticas y al mismo tiempo condicionan el desarrollo de diversos campos (defensa, economía, vida social, etcétera). A los historiadores de la ciencia les será sencillo demostrar que ni esta idea ni la cuestión misma estuvieron ausentes en realidad del desarrollo de la ciencia como institución antes de la segunda Guerra Mundial. No obstante, si bien estos dos aspectos existían desde antes, rara vez se presentaron simultáneamente, y en todo caso apenas por lapsos cortos determinados por el interés del Estado en explotar los resultados de la investigación científica con fines bélicos, por ejemplo, durante la Revolución francesa, la Guerra Civil estadounidense o la primera Guerra Mundial (Salomon, en Price y Spiegel-Rösing, 1977).

### 1. El surgimiento de las políticas científicas

En Occidente, los ejemplos de un vínculo más estrecho entre la ciencia y el Estado que se encuentran durante la primera Guerra Mundial y el periodo de la posguerra representaron apenas un burdo esbozo de un proceso que se aceleraría y se establecería firmemente para la segunda Guerra Mundial. En particular, aunque la Depresión de los años treinta causó que algunas personas se dieran cuenta del papel que podrían desempeñar las políticas científicas en el desarrollo económico y social, esta conciencia no llegó a proporcionar al Estado los medios para determinar la dirección de la investigación científica, o incluso organizarla de modo más coherente (Dupree, 1964). Entre las economías de mercado, únicamente Francia se empeñó en reconocer la jurisdicción de la política en los asuntos científicos, al establecer, con el Frente Popular, el puesto de subsecretario de Estado, que primero se asignó a Irène Joliot-Curie y luego a Jean Perrin. El hecho de que los dos premios Nobel ocuparan en 1936 un puesto ministerial y el establecimiento del Centro Nacional de la Investigación Científica (Centre

National de la Recherche Scientifique), institución dedicada principalmente a la promoción de la investigación básica, son los primeros signos que se notaron en Occidente de un reconocimiento por parte del Estado, tanto del papel que desempeña la ciencia en los asuntos económicos y sociales, como de la preocupación política por integrarla en la estructura general de las decisiones gubernamentales (Papon, 1978).

Este caso, único en Occidente, se inspiró en parte en la experiencia soviética, pues fue de hecho en Rusia donde se estableció el vínculo más estrecho entre la ciencia y la política, gracias al triunfo de la Revolución. El progreso de ideología a acción ofrece un modelo de organización en cuanto a que intentó integrar la ciencia en el sistema social como un "factor productivo" entre otras fuerzas productivas. Ciertamente, las actividades científicas disfrutaron de una condición y de un apoyo que en ese entonces no tenía paralelo en otros países antes de la segunda Guerra Mundial; la investigación se consideraba inseparable del sistema político en el cual servía como medio y también como fin. Sin embargo, a pesar de la importancia de los factores políticos en el desarrollo de la ciencia como institución, el modelo presentado por el régimen soviético no dio pie en ese entonces a una política científica real (Graham, 1967; Zalevski, 1969).

De cualquier modo, ese modelo sirvió como referencia a Bernal cuando, justo antes de la guerra, escribió su libro *The Social Function of Science*, obra precursora que anticipó los enormes cambios que pronto experimentarían las relaciones entre la ciencia y el Estado (1939). Ningún otro trabajo ha hecho más por asegurar el reconocimiento de las actividades científicas como institución social que al mismo tiempo afecta y se ve afectada por el desarrollo del sistema social en su totalidad. En muchos sentidos, el análisis de Bernal muestra todavía un enfoque utópico inspirado de modo directo en las esperanzas que la Ilustración y el Positivismo del siglo XIX habían puesto en el carácter políticamente liberador e inevitablemente benéfico de la ciencia. No obstante, él fue el primero en percibir y analizar (aunque con las inclinaciones marxistas de la época) todos los aspectos que podían convertir a las propias actividades de investigación científica y tecnológica en objetos de investigación social. Como tal, Bernal aparece como el fundador del nuevo campo que, en cuanto los asuntos del desarrollo y a los países industrializados, sirve como tema para esta obra: las políticas científicas y los "estudios" respecto a ciencia, tecnología y sociedad. Bernal deploraba aun la falta de interés público por la ciencia en aquella época, así como la escasez de recursos, pero no tenía dudas acerca del inmenso progreso que lograría la ciencia y los enormes servicios que, junto con la tecnología, prestaría a la sociedad. Dos con-



diciones, por lo menos, deberían cumplirse según su punto de vista para que estas promesas se cumplieran: la asignación de mayores recursos para actividades de investigación y el establecimiento de políticas científicas deliberadas.

Actualmente es un lugar común señalar que el Proyecto del Distrito de Manhattan, nombre que se le dio al programa en que se desarrollaron las primeras bombas atómicas, marcó un punto crítico e irreversible en las relaciones entre la ciencia y el Estado: el establecimiento de la ciencia como un "activo nacional", la intervención directa de los gobiernos en la dirección y extensión de las actividades de investigación, la contratación de investigadores para programas de gran escala (Lakoff, en Price y Spiegel-Rösing, 1977). Los cambios en la escala de las actividades de investigación van de la mano con los importantes desarrollos tecnológicos que tuvieron un efecto directo sobre las relaciones entre las naciones: 100 mil investigadores (científicos, ingenieros y técnicos) en el mundo en 1940; una cifra diez veces mayor veinte años después (Freeman y Young, 1965). Sólo en la zona de la OCDE, se calcula que el número de personas dedicadas a estas actividades ascendía a 1 754 430 en 1983, de las cuales más de 700 mil correspondían a los Estados Unidos (OCDE, 1988).

En efecto, la naturaleza y la escala de la investigación científica realizada durante la segunda Guerra Mundial y, sobre todo, la importancia estratégica de sus resultados han tenido consecuencias muy superiores a las previstas por Bernal. Según sus propias palabras en el prefacio de la nueva edición de su libro: "la revolución científica entró en una nueva fase: adquirió conciencia de sí misma" (1967). Durante y después de la segunda Guerra Mundial la investigación científica y técnica, concebida con fines estratégicos militares en mente, se convirtió en la fuente de modos de tecnología recién descubiertos que se aplicarían a gran escala en la vida civil: la energía nuclear, el radar, los jets, el DDT, las computadoras, los misiles, etcétera. En lo sucesivo, al poder político le fue imposible dejar que la ciencia siguiera su propio cauce y, al final de la guerra, la desmovilización de investigadores, lejos de señalar el fin de la ciencia "movilizada" como tal, dio lugar a esfuerzos sistemáticos por aprovechar las actividades de investigación dentro del contexto de objetivos "nacionales e internacionales" (Kuehn y Porter, 1981).

El perfeccionamiento de las armas nucleares, los misiles y las computadoras alteró la más tradicional ley de equilibrio del poder: ya no bastaba con procurar no estar a merced del enemigo, ahora era necesario llevar la delantera. En este nuevo tipo de competencia internacional, entre el "equilibrio del terror", la carrera armamentista y el temor de

las "brechas tecnológicas", la investigación científica y técnica representó un poderoso recurso estratégico, diplomático y económico. Las políticas científicas se desarrollaron dentro de este contexto de competencia estratégica como consecuencia de la imposibilidad de establecer una paz real una vez finalizada la segunda Guerra Mundial. En este sentido, obviamente es una característica de una política general determinada por la rivalidad, los conflictos y los choques entre naciones, las ideologías y el deseo de poder. Pero en otro sentido, la creciente influencia ejercida por los asuntos tecnológicos y científicos en general podría considerarse tanto causa como efecto del ambiente internacional de inseguridad. Sin duda, la "tiranía" de la carrera armamentista y su expansión operaron por medio de un "complejo científico, militar e industrial" que está muy lejos de ser mítico, y la ironía (o la sabiduría) de la historia es que fue un alto militar, y Presidente de los Estados Unidos, quien expresó la primera y más seria advertencia en contra de este complejo. En su discurso de despedida como presidente Eisenhower se refirió a los riesgos de que una política pública se convirtiera en cautiva de la *elite* científica y tecnológica y del complejo de la industria militar al cual debe su existencia esta *elite* (*The New York Times*, 22 de enero de 1961).

En realidad, apenas en 1957 —el año del primer Sputnik— se establecieron instituciones verdaderamente dedicadas a las políticas científicas. Incluso en 1963, cuando se llevó a cabo la primera Reunión Ministerial de la Ciencia en la OCDE, los ministros encargados en particular de asuntos científicos todavía podían contarse con los dedos de una mano (Mesthene, 1965). Tres años después eran mayoría. Como campo de competencia gubernamental, la ciencia y la tecnología no se consideraban ya meramente corolarios de las políticas educativas o culturales. Sin importar su disposición institucional, las organizaciones dedicadas a las políticas científicas —estuvieran donde estuviesen—, cubrían por lo menos tres funciones: información, consulta y coordinación. Las políticas científicas de cualquier tipo tenían que ser preparadas por servicios administrativos, discernidas mediante consejos de expertos, coordinadas entre diversos ministerios y organismos dedicados a actividades de investigación y, finalmente, por supuesto, ratificadas y aplicadas junto con los sectores industriales privados. Las tradiciones y las estructuras nacionales ofrecían un marco para estas funciones y, dentro de este marco, organismos específicos (por ejemplo, la Oficina de Ciencia y Tecnología en los Estados Unidos, la Delegación General de Investigación Científica y Técnica en Francia). Dependiendo de si el sistema político estaba centralizado, descentralizado o era plural, las políticas científicas se desarrollaban en diversas

instituciones, relacionadas más o menos estrechamente con organismos dedicados a la planeación económica y estratégica. En todos lados, estos organismos iniciaban sus funciones recopilando estadísticas de actividades de investigación y desarrollo, compilando un inventario de investigadores y laboratorios, y asignando recursos a los sectores considerados prioritarios (Brooks y Cooper, 1987).

Entre los años cincuenta y setenta, las políticas científicas en los países industrializados pasaron de una era de pragmatismo a la conciencia general del papel que desempeña la investigación científica y tecnológica en la "riqueza de las naciones" y en las luchas por la competencia internacional. No obstante, se presentaron cambios importantes no sólo en los objetivos sino también en los contextos políticos y culturales. El primer periodo —que correspondió a un ambiente de alta tensión, Guerra Fría, competencia estratégica y un desarrollo económico sordo ante el costo social y ambiental que generaba— llegó a su fin entre 1968 y 1969. Después de la distensión (época posterior a la relajación de las tensiones), las revueltas universitarias, la creciente conciencia de los límites del crecimiento económico y el fiasco de los Estados Unidos en Vietnam, el positivismo inducido por los métodos y logros de la ciencia fue cuestionado no sólo por movimientos externos a la comunidad científica, sino también por los propios científicos (Rose y Rose, 1970). Un estadounidense caminó sobre la superficie de la Luna, pero el éxito del Programa Apolo señaló en sí un parteaguas: las grandes opciones que habían alimentado las políticas científicas durante dos décadas dejaron de considerarse artículos de fe. Las prioridades anteriores se reexaminaron críticamente y se reorganizaron de tal manera que, según se creía, se relacionaran más con el bienestar social que con el avance tecnológico como tal.

Cabe subrayar algunos de los cambios conceptuales que han ocurrido en el campo de la investigación de las políticas científicas y tecnológicas, los cuales muestran cómo este campo de elaboración de políticas, aunque definido y alimentado por la ciencia, depende en gran medida de las estructuras y presiones sociales. La OCDE ha sido una de las primeras instituciones en acentuar la importancia de las políticas científicas y tecnológicas; el primer informe que preparó su secretariado en 1963, *Science, Economic Growth and Government Policy*, fue muy optimista y se centró en formular las políticas gubernamentales en la construcción de infraestructura en esos mismos campos, y en la necesidad de ampliar la educación científica y tecnológica como palanca para acelerar el crecimiento económico. Casi una década después, en 1971, otro informe acerca de este tema, *Science, Growth and Society. A New Perspective*, subrayaba el efecto social del progreso científico y

tecnológico, señalaba el desafío estadounidense en cuanto a tecnología, y se enfocaba tanto en el papel de la innovación como motor de crecimiento y en la necesidad de prever y evaluar los aspectos negativos del cambio tecnológico. Los informes de la OCDE publicados en 1980, *Science and Technology Policy for the 1980s*, y en 1981, *Technical Change and Economic Policy*, hicieron mayor hincapié en los cambios económicos y sociales que caracterizaron a las naciones industrializadas durante ese periodo y reconocieron que, después de tres décadas de crecimiento sin precedentes en la economía mundial, la situación muy probablemente cambiaría. Las crisis petroleras condujeron a una concentración de las prioridades en la investigación hacia posibles opciones energéticas, pero otras cuestiones, como la interacción entre la tecnología y el empleo, el papel dominante de la microelectrónica y la informática, la creciente importancia de la biotecnología y los nuevos materiales, la reestructuración de la industria mundial y la competitividad internacional se convirtieron en temas de interés decisivo para los políticos encargados de la ciencia y de la tecnología.

Así pues, en menos de veinte años, en los países industrializados ha surgido una nueva manera de percibir las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, en la cual los enfoques optimistas se han sustituido por una mayor preocupación por el efecto de los avances de la ciencia y de la tecnología en la sociedad. La crisis científica sencillamente reflejó la crisis que estaba ocurriendo en la sociedad. Como se señaló en el Informe Brooks:

Las políticas científicas son confusas porque la sociedad misma es confusa, en parte porque el poder de la ciencia moderna ha permitido a la sociedad alcanzar objetivos que anteriormente sólo eran vagas aspiraciones, pero cuyo logro ha revelado su trivialidad o ha creado expectativas que superan incluso las posibilidades de la tecnología moderna o de los recursos económicos disponibles por el crecimiento (OCDE, 1971).

Los problemas que plantea el deterioro de la calidad de vida, el estado caótico del desarrollo urbano, las dificultades del transporte, la contaminación, las amenazas al medio ambiente, así como las crecientes desigualdades en la mayoría de los países industrializados, y mucho más las que existen entre éstos y los países en desarrollo; todo esto exige cierto control sobre el desenvolvimiento del progreso técnico y la creación de nuevas trayectorias que reconciliaran el progreso de la tecnología y un tipo más armonioso de desarrollo. Surgió entonces la idea de que la solución a estos problemas no radica exclusivamente en la aplicación tecnocrática de instrumentos que reducen la historia a sus limitaciones físicas. Incluso en el caso del control de las armas estraté-

gicas y del armamentismo, algunos científicos se dieron cuenta de que el "problema del poderío militar en continuo crecimiento y la seguridad nacional en continuo deterioro no tiene ninguna solución técnica" (York, 1987).

En este contexto de desafíos y decepciones se inició la evaluación de la tecnología: una nueva función que permitiera prever posibles efectos indeseables o considerar los costos de introducir nuevas tecnologías en relación con las necesidades sociales obvias o descuidadas. Desde ese momento, siguiendo el ejemplo de los Estados Unidos, la mayoría de los países industrializados crearon organismos especiales, dentro o fuera de sus parlamentos, cuya función no sólo es anticipar y regular los efectos de los cambios tecnológicos, sino también comprometer más al público, si no es que hacerlo participar también en el proceso de toma de decisiones respecto a las actividades científicas y tecnológicas. No obstante, este periodo de cuestionamiento y reevaluación no produjo reducción alguna (sino lo contrario) en los objetivos estratégicos y de prestigio que predominaban en los países industrializados más importantes enfocados a la investigación de defensa nuclear, espacial y de computación. Y el malestar respecto a los temas sociales pronto fue superado por las dificultades económicas que precipitaron la crisis petrolera de 1973. Los esfuerzos apenas incipientes por redirigir las actividades de investigación hacia la solución de problemas sociales se limitaron, si no es que se detuvieron, por la crisis económica, el aumento en el desempleo y la intensificación de la competencia económica internacional en torno de las "nuevas tecnologías".

## 2. Las actividades de investigación y desarrollo enfocadas a la defensa

Las políticas científicas fueron consecuencia de la segunda Guerra Mundial y de la falta de paz posterior. Para los países más industrializados, en particular los que contaban con armas nucleares, la Guerra Fría constituyó un periodo de movilización a gran escala de recursos científicos, con grandes inversiones en investigación y desarrollo enfocados a tres sectores fundamentales: tecnología nuclear, espacial y de informática y comunicaciones. En los casos de los Estados Unidos, la Gran Bretaña y Francia, estas inversiones representaban dos tercios de su gasto total en investigación y desarrollo, público y privado. En la Unión Soviética el presupuesto para defensa representó un consumo incluso mayor de recursos, ya que las estadísticas de los años ochenta señalan que los gastos militares variaron entre 20 y 28% del PIB, proporción enorme si se compara con los de los Estados Unidos, donde el

gasto militar correspondió durante el mismo periodo a 6.5% del PIB, aun cuando el PIB estadounidense era mucho mayor (Zalevski, 1991).

La carrera armamentista fue una de las características más espectaculares de la Guerra Fría, pero también se observó una feroz competencia por obtener renombre mundial, desde el primer Sputnik hasta los primeros hombres en la Luna. Estas pugnas obligaron al Estado a intervenir en la investigación y en la innovación, incluso en países que juraban su absoluta adhesión al capitalismo de libre mercado. En verdad es posible cuestionar el exagerado costo del armamento y los vínculos entre el razonamiento económico y estratégico; podría argumentarse que la carrera armamentista desvió recursos escasos (en capital y capacidad humana) que podrían haberse utilizado para propósitos más constructivos social y económicamente. El debate respecto al análisis de costo-beneficio de los "usos secundarios" para la economía civil producto de la investigación y el desarrollo con fines militares no ha terminado; pero no es posible subestimar la importancia de las innumerables innovaciones generadas por las actividades militares de investigación y desarrollo durante ese periodo, en especial el papel que desempeñaron en la concepción y en el desarrollo de las nuevas tecnologías que caracterizan al "nuevo sistema técnico" que apenas empieza a florecer (Sapolsky en Price y Spiegel-Rösing, 1977; Mendelsohn *et al.*, 1988; Salomon, 1989).

En el caso soviético es obvio que la prioridad otorgada al complejo de la industria militar en cuanto al gasto en investigación, desarrollo y producción contribuyó de manera decisiva al colapso del sistema económico. No puede descartarse la posibilidad de que el desafío planteado por el presidente Reagan mediante la Iniciativa de Defensa Estratégica (Guerra de las Galaxias) haya ayudado a Gorbachov a darse cuenta de que el sistema soviético centralizado había llegado a su límite, con una economía civil en situación desesperada y un sector militar incapaz de seguirle el ritmo al rápido progreso de la tecnología estadounidense. Para las democracias capitalistas, los costos en términos de crecimiento económico fueron mucho menores, pero aun así no fueron nulos. Sólo se requiere comparar las tasas de crecimiento de la productividad en países con altos niveles de investigación y desarrollo encaminados a la defensa con los de niveles bajos. Alemania y el Japón, que tenían prohibido invertir en actividades militares después de 1945, han mostrado un crecimiento en la productividad mucho mayor y un éxito tecnológico muy superior en términos comerciales que los Estados Unidos, la Gran Bretaña y Francia. Además, durante los años setenta, las innovaciones generadas por el sector de la defensa parecían cada vez más alejadas de las necesidades de los consumidores comunes. Las

exigencias militares de excelencia técnica en cuanto a confiabilidad, miniaturización, resistencia a condiciones extremas, etcétera, han creado productos que son cada vez más difíciles de adaptar a propósitos civiles. Al mismo tiempo, en ciertos campos de alta tecnología (en especial en *chips* y componentes), los usuarios comerciales han tendido a superar a lo militar en su estimulación de las innovaciones. Es probable que los usos secundarios derivados de la investigación y del desarrollo para fines militares resulten mucho menos útiles para la economía civil en el futuro, de tal manera que las tasas de crecimiento económico de los países más comprometidos con este tipo de programas se vean afectadas.

Las actividades de investigación y desarrollo con fines militares no han sido monopolio de los países industrializados más avanzados. Entre los países en desarrollo, algunos como el Brasil, China y la India han fortalecido su potencial manufacturero y, al mismo tiempo, su ambición de construir una industria de armamento independiente, incluso sus propias instalaciones nucleares y espaciales. El aumento del comercio de armas en los países en desarrollo y la aparición de nuevos países productores son signo tanto del relativo éxito de algunas políticas de industrialización como de los sentimientos de inseguridad que acosan, con o sin razón, a los países consumidores. Las ambiciones militares han logrado estimular la modernización industrial en un contexto de políticas de nacionalismo económico; empero, es obvio que esta decisión de fabricar y exportar armas desvió recursos escasos que podrían haber contribuido a un desarrollo económico y social más equilibrado.

La Guerra Fría justificó por doquier el crecimiento de un vasto sector público y una mayor intervención gubernamental en el sector privado. Los intereses comerciales pudieron beneficiarse gracias a la carrera armamentista precisamente por la inseguridad de ambas partes. "Una guerra sin enfrentamientos evita limpiamente el riesgo de que éstos terminen. La obsolescencia en una competencia tecnológica es casi un sustituto perfecto para las pérdidas en los campos de batalla" (Galbraith, 1967). Mientras perduró la Guerra Fría, se consideraba más peligroso detener la carrera armamentista que la carrera en sí. El periodo de la posguerra ha llegado a su fin con el colapso del sistema comunista, la abolición del Pacto de Varsovia y la fragmentación del imperio soviético. La firma de los acuerdos START (provenientes de las Conversaciones sobre Reducción de Armas Estratégicas) implica un recorte de 30% en armas nucleares de largo alcance. El fin de los enfrentamientos entre los dos sistemas y el colapso de las economías comunistas significa el fin de la carrera armamentista e implica, por tanto, la

necesidad de enfrentar el problema de cómo convertir algunas (si no es que la mayoría) de las industrias dedicadas a las armas para utilizarlas con propósitos civiles, un asunto muy difícil que tomará muchos años resolver y que rápidamente engendrará redundancias a gran escala que se sumarán a las crisis económicas en las repúblicas de la nueva Comunidad de Estados Independientes.

Existen ya indicios del principio de una nueva carrera, esta vez por atraer a los mejores científicos de estos países para que trabajen en Occidente o para "anclarlos" en sus laboratorios, ayudándolos a destruir los sistemas de armas existentes o a reorientar su investigación hacia fines pacíficos. De cualquier manera, el objetivo es conservarlos y evitar que vendan sus servicios a países en desarrollo que quisieran construir sus propias armas nucleares y desarrollar su capacidad espacial. La conferencia ministerial de la OCDE acerca de ciencia y tecnología en marzo de 1992, a la que por primera vez asistieron representantes de Rusia, Hungría, Polonia y Checoslovaquia, se centró casi exclusivamente en este problema. Y el único propósito del Centro Internacional de Ciencia y Tecnología establecido en Moscú con fondos de la Comunidad Europea y de los Estados Unidos es evitar el crecimiento de la "ciencia mercenaria", con científicos nucleares en lugar de soldados a sueldo que ofrezcan sus servicios al mejor postor.

La reducción de las armas nucleares no equivale al desarme, y la desaceleración de la carrera armamentista mediante un recorte en el número de armas no necesariamente implica una mengua en los programas militares de investigación y desarrollo, incluso si existe ahora una menor urgencia por perfeccionar algunos de ellos. Por una parte, los acuerdos dejan deliberadamente abierta la posibilidad de incrementar el número de misiles crucero, y la eliminación de algunos misiles intercontinentales de hecho conducirá al aumento de las actividades de investigación y desarrollo dirigidas a mejorar la "calidad" de las armas convencionales. Por otra parte, aunque el fin de la Guerra Fría debilita la base tradicional de legitimidad del complejo de la industria militar, esto no significa que los levantamientos subsecuentes que muy probablemente se den en la Europa Central y, sobre todo, en las antiguas repúblicas soviéticas, vayan a provocar que Occidente "baje la guardia". Tras la experiencia de la Guerra del Golfo, es claro que la investigación en armas electrónicas, en particular los sistemas antimisiles, tiene más posibilidades de aumentar que de reducirse ante la amenaza de la proliferación nuclear en los países periféricos.

Aunque el espectro de la guerra nuclear mundial por primera vez parece desvanecerse, los conflictos locales están muy lejos de desaparecer. Las actividades militares de investigación y desarrollo seguirán

centrándose en la miniaturización y en mejorar la precisión de las armas convencionales, así como en el perfeccionamiento de los sistemas de vigilancia, monitoreo y respuesta peculiares de la guerra electrónica. Como subrayó el general Poirier (1987), las armas nucleares, paradójicamente, restringían la violencia, porque los enemigos potenciales sabían que debían intervenir para evitar que sus contrarios actuaran ofuscados por las incertidumbres que compartían y que, no obstante, llevaban a la moderación política y a la prudencia estratégica. Dentro del llamado "equilibrio del terror", la incertidumbre producía cierto orden en las relaciones entre las superpotencias, pues la limitación funciona únicamente cuando el enemigo acepta las mismas reglas. La proliferación nuclear podría llevar a un "desequilibrio del terror", donde la incertidumbre generara desorden, y donde el desorden de la periferia incrementara de hecho la incertidumbre general. La muerte del socialismo y el colapso del sistema soviético han eliminado las bases del enfrentamiento estratégico de la posguerra, y es difícil imaginar que las naciones más grandes utilizaran la limitación nuclear en contra de países más pequeños e "irracionales" que actuaran como enemigos sin armas. Sin embargo, puesto que las fuentes de conflicto en el mundo entero no se han eliminado, la "vigilancia" seguirá movilizandoo grandes recursos científicos. No ha llegado todavía a su fin el apogeo del complejo industrial militar; menos aún el de la investigación y el desarrollo con fines de defensa.

### 3. La era de las políticas hacia la innovación

Sean cuales fueren los países en análisis —y sobre todo sus ambiciones políticas o compromisos estratégicos— el principal objetivo de las naciones industrializadas ahora es lograr, y, de ser factible, mejorar el crecimiento económico sin el cual ninguna otra cosa es posible, tanto en la esfera económica como en todas las demás. El crecimiento económico depende más que nunca de la competitividad de las compañías, lo que a su vez está relacionado con la capacidad de innovación no sólo de las compañías sino del sistema completo de organización social y económica (en especial en cuanto a la educación y a la capacitación técnica). Las actividades de investigación en estos países pueden considerarse actualmente más y más orientadas hacia este fin, y las complementa un conjunto de medidas dirigidas a aumentar la difusión y la aplicación de la tecnología en una gran organización de industrias y actividades tradicionales, tanto como en las industrias con un alto nivel de investigación y desarrollo.

Este es el cambio más importante y revelador: las políticas hacia la

innovación aparecen como una extensión (o una opción) de lo que anteriormente se conocía como políticas científicas y tecnológicas. Este concepto surgió durante los años setenta como resultado de tres circunstancias: *i*) el análisis económico y sociológico de los factores responsables de los resultados logrados por las compañías y en especial de los papeles que en ese sentido desempeña la innovación técnica; *ii*) los problemas económicos engendrados por la crisis petrolera, que marcó el fin del periodo de rápido crecimiento y de pleno empleo de la posguerra, y *iii*) el rápido crecimiento de las "nuevas tecnologías", en particular las tecnologías de la información, que acarrearón consigo grandes cambios en los productos y servicios en toda la economía. Durante los años ochenta las "políticas estructurales" adoptadas por los países industrializados dieron nueva forma al espectro de sus sistemas de investigación para ajustarse a la crisis y superar sus consecuencias (reestructuración industrial, competencia de los países "recién industrializados", desempleo, etcétera) y los cambios en el sistema de producción y consumo introducidos gracias a la "Revolución de la información". A esto debe añadirse la reciente inquietud respecto al medio ambiente, que genera cada vez más actividades públicas y privadas de investigación y desarrollo para adaptar los productos, procesos y desperdicios industriales a las nuevas reglamentaciones. Estos cambios en las normas reflejan diferencias en actitudes y valores que obligan a la industria a innovar de tal manera que pueda satisfacer las nuevas exigencias de sus clientes y, al mismo tiempo, los requisitos legales de seguridad y contaminación.

En resumen, mientras que la intervención estatal en las actividades de investigación y desarrollo ha evolucionado dentro de un contexto de privatización y desregulación, el modelo estadounidense se ha visto remplazado por el japonés, lo que implica un conjunto de medidas de largo plazo con un objetivo común que cubre la educación, la investigación, la industria, el comercio exterior y el medio ambiente, y que se encamina a asegurar y sostener el dinamismo de las compañías dentro de un contexto global (OCDE, 1980, 1981 y 1988). La innovación y el espíritu empresarial, considerados factores básicos para la expansión industrial, ciertamente no constituyen una nueva idea, pues sus raíces pueden encontrarse ya en los escritos de Schumpeter. Sin embargo, el periodo de expansión posterior a la guerra no permitió su cabal consideración. Aunque se realizaron muchos estudios —entre los que pueden mencionarse en particular los de la OCDE respecto a la "brecha tecnológica", el Charpie Report en Estados Unidos, e investigaciones de economistas como Edwin Mansfield, Richard Nelson y Christopher Freeman— los gobiernos no les dieron seguimiento. Sencillamente



aceptaron la importancia de una política pública reflexionada hacia las actividades científicas y tecnológicas: con la mirada fija en lo que se había invertido, apenas se preocuparon por asegurar una mejor difusión de los resultados (Freeman y Soete, 1987; Dosi *et al.*, 1988).

Todos estos esfuerzos llegaron, empero, a la misma conclusión: los problemas de la innovación dependen menos del tamaño de la inversión en investigación y desarrollo que de basar la administración de los recursos universitarios e industriales en el modelo empresarial. Al subrayar la importancia para el proceso de innovación de estos factores que no son propiamente científicos o incluso técnicos, todos estos estudios recomendaban centrarse en políticas que a primera vista parecían tener poco en común con las políticas científicas como tales. Subrayaban que para que un país sea uno de los líderes en innovación no basta que cuente con excelentes universidades y equipos de investigación, que produzca un número cada vez mayor de doctores, que dedique amplios recursos a actividades de investigación y desarrollo o incluso que acumule premios Nobel. Para ganar la batalla de la productividad, captar y conservar nuevos mercados y desarrollar todo el potencial de innovación, se requiere en realidad un sistema de investigación bien administrado, pero ese es sólo uno de los elementos, uno de los prerrequisitos, entre otros. Para que la innovación tenga éxito, el proceso de difusión es mucho más crítico que el del descubrimiento o el de la invención.

Este periodo de introspección e investigación condujo a una mejor comprensión de los recursos, los determinantes y la naturaleza de la innovación (Landau y Rosenberg, 1986). En particular, se llegó a entender que la viabilidad comercial depende en el mismo grado, si no es que más, de los factores sociales e institucionales que establecen el ambiente dentro del cual se administra la innovación, que de la complejidad técnica de los nuevos productos o servicios que genera. En gran medida, el éxito del "modelo estadounidense" podría atribuirse a la combinación de dos elementos: por un lado, la capacidad de las universidades de adaptarse con rapidez a las nuevas necesidades generadas por los avances del conocimiento; por el otro, la capacidad de la industria de explotar con mayor eficiencia los resultados de la investigación. Sin embargo, la mayoría de los formuladores de políticas europeos prestaron menos atención a estos factores y a su combinación que a la magnitud del gasto estadounidense en investigación y desarrollo (el objetivo "mágico" de 3% del PNB) y al papel desempeñado por el gobierno federal al estimular las actividades nacionales de investigación con el pretexto de los desafíos estratégicos y de defensa.

De hecho, incluso antes de la crisis de los años setenta, el propio ejemplo de los Estados Unidos, donde unos cuantos empezaban a preo-

cuparse por la reducción en la tasa de crecimiento de la productividad, daba qué pensar. No existía claramente ningún vínculo directo entre la cantidad invertida en investigación y desarrollo y los resultados de la economía: aun siendo el campeón en la mayoría de las categorías científicas y tecnológicas, los Estados Unidos aún tenían una tasa de crecimiento de la productividad inferior a la de Europa y, sobre todo, a la del Japón. La cuestión había estado en debate durante más de una década, y los estadounidenses todavía buscan la respuesta (NAE, 1991). La fascinación hacia el éxito del "modelo estadounidense" hizo que los observadores ignoraran las condiciones iniciales de un modelo muy distinto, que confirmaba más que nunca que la innovación no debía confundirse con la investigación científica: el modelo adoptado por el Japón y seguido muy pronto por los "pequeños tigres" de Asia Suroriental. Esto plantea por lo menos la pregunta de cuánto contribuye en realidad la investigación básica al crecimiento y al desarrollo en general. La modernización del Japón y su más reciente historia de éxito en la industrialización, al igual que la de los países recién industrializados, hasta hace poco no se vio acompañada por contribuciones importantes al progreso científico como tal. La situación empezó a cambiar en el Japón porque la naturaleza misma de su desarrollo industrial requiere ahora mayores aportaciones de la investigación teórica. Pero este cambio se relaciona tanto con la mayor prosperidad económica del país como con los nuevos requisitos para producir innovaciones técnicas cada vez más "refinadas" y vinculadas con investigaciones de laboratorio (Salomon y Lebeau, 1993).

En Europa no se empezó a apreciar el significado de estas limitaciones de las políticas científicas hasta la crisis de los setenta. Al cambiar de la ciencia en su sentido estricto al más amplio campo de la innovación, las actitudes gubernamentales reaccionaron ante el hecho de que el desarrollo económico dependía cada vez más de restricciones que afectaban la competitividad industrial y el comercio internacional. Durante el periodo anterior, la principal preocupación había sido hacer que la investigación básica formara parte integral del sistema de investigación y recurrir, para la innovación tecnológica, a "programas importantes" apoyados, si no es que administrados directamente, por el Estado. En lo sucesivo, se dio un debate respecto hasta qué punto el Estado debía dar apoyo a la investigación básica y multiplicar estos "programas importantes" que se financiaban (o subsidiaban) por medio de recursos públicos. Ahora, en el nuevo contexto de la privatización y la desregulación, la cuestión era cuán lejos debía llegar el Estado y en qué condiciones institucionales, cuando interviniera en el mercado para estimular la innovación tecnológica.



Así pues, los criterios, tanto como los instrumentos, que intervienen en las políticas científicas, se han alterado profundamente. Como tales, éstas se refieren a individuos, instituciones y cuestiones que conciernen a las medidas relativas a la capacitación científica, a la educación avanzada y a la investigación académica. Como se ejemplifica en un reciente informe de la OCDE, *Technology and the Economy. The Key Relationship* (1992), dedicado por completo al análisis de la innovación tecnológica dentro del contexto de la creciente competitividad internacional, la innovación se basa en una gama mucho más amplia de agentes, instituciones y cuestiones, desde la industria, el sistema bancario y el ambiente económico global hasta la capacitación vocacional e incluso el nivel de conocimientos técnicos y científicos de la población general. Lo que está en juego es la necesidad de "integrar" las políticas científicas y tecnológicas con los demás esfuerzos gubernamentales, en especial con las políticas económicas, industriales, energéticas y sociales, así como las de la educación y del empleo. Esto resultó todavía más evidente por la necesidad de enfrentar no sólo las consecuencias de la crisis económica, sino también los cambios provocados por las "nuevas tecnologías". Los productos y procesos creados por éstas condujeron a nuevos modos de producción y consumo que se difundieron por todos los sectores de la vida económica y social, y que son desarrollados principalmente por compañías flexibles y descentralizadas capaces de adaptarse con rapidez a los cambios en el mercado y muy conscientes de las necesidades y preferencias de los consumidores. Dentro de este contexto de economías de mercado, si el papel del Estado no puede limitarse sólo a apoyar las actividades científicas y tecnológicas, ¿hasta dónde puede intervenir?, ¿en qué circunstancias y con qué criterios?

En algunos ámbitos, la intervención estatal tradicionalmente no se cuestiona (o se duda de ella menos en algunos países que en otros): defensa, investigación básica, medio ambiente, salud o sistemas tecnológicos a gran escala, como los que requieren grandes infraestructuras y redes (energía, transporte, telecomunicaciones). Estos campos se relacionan con la sociedad en su conjunto y necesitan acciones estratégicas. En pocas palabras, se encuentran fuera del círculo del mercado y no puede esperarse que el sector privado asuma los riesgos que implican, ni que necesariamente salvaguarde y respete el interés público. En contraste, las batallas competitivas decisivas se están llevando a cabo ahora entre las pequeñas y medianas empresas y no entre los principales programas públicos. En este sentido, la innovación implica "iniciativa empresarial", para la cual están mal (o rara vez bien) preparadas las estructuras administrativas de las empresas públicas. Si el

Estado ha de intervenir de manera directa, puede hacerlo por medio de las etapas preliminares, cuando una tecnología o industria "en pañales" es amenazada con ser asfixiada antes de alcanzar la madurez por presiones de la competencia. Sin embargo, el Estado no siempre puede remplazar a las compañías, o por lo menos no puede hacerlo permitiendo que sus programas se guíen por consideraciones no económicas, y subsidiar sus productos irreflexivamente con el fin de protegerlas de la competencia exterior; no faltan ejemplos de estos riesgos y fracasos, desde el "mercado reservado" brasileño de tecnologías de la información hasta el Concorde supersónico franco-británico, o el *Plans Calcul* francés (Nelson, 1984).

En el pasado, el Estado podía empezar desde cero o promover alguna industria (por ejemplo, metales, astilleros, ferrocarriles, petróleo) cuando la finalidad era satisfacer las necesidades nacionales, sin tener que enfrentar las presiones de la competencia internacional. En caso necesario, podía nacionalizar las compañías, incluso si eran extranjeras. Pero cuando se trata de nuevas tecnologías, que principalmente están relacionadas con intangibles (es decir, información, desde *hardware* hasta *software*), el Estado tiene mucho menos espacio para maniobrar. La nacionalización de empresas en este sector significaría comprar sólo las fábricas sin tener control de las afluencias de datos intangibles que son la fuente real del éxito técnico y comercial. En este contexto, la tendencia hacia la desregulación parece ser resultado no sólo de consideraciones económicas (si no es que ideológicas) sino también de factores institucionales y técnicos: por un lado, el ambiente organizacional y social, que revela los límites de la administración y el control del monopolio hasta entonces en manos de empresas estatales (el correo, por ejemplo); por otro lado, el nuevo sistema técnico, que impone estrategias e incluso un enfoque empresarial estrechamente relacionado con la demanda de los consumidores y los mercados internacionales. Fuera de los programas en los que participa por razones estratégicas, la mejor postura que puede adoptar el Estado para estimular con eficiencia —y más económicamente— la innovación tecnológica, es por medio de medidas indirectas (sobre todo fiscales pero también educativas en general) y en gran parte mediante una política macroeconómica que favorezca la inversión (Rothwell y Zegfeld, 1981). La mayoría de estos cambios seguirá afectando esta nueva "postura estratégica" de los países industrialmente avanzados, una postura que se define en esencia por una competencia económica creciente, mayor preocupación por el ambiente regional y global, y por la posibilidad —todavía por confirmarse— de una nivelación efectiva no sólo de los presupuestos militares en general, sino también, más espe-

cíficamente, de las actividades de investigación y desarrollo dirigidas a la defensa.

### III. CULTURAS Y COEXISTENCIA DE RACIONALIDADES

Los cambios radicales que ha logrado la ciencia moderna generan poderosos debates y muchas preguntas. Por ejemplo, ¿qué es lo que distingue en su racionalidad a esta ciencia —de origen europeo y cuyo destino, como dice Needham, es tornarse “ecuménica”— de otros tipos de conocimientos y culturas? O, nuevamente, ¿por qué esta versión de la ciencia gozó de tan vertiginoso ascenso en la Europa Occidental en época de Galileo? La paradoja que implican estas preguntas es que mucho se dice acerca de la universalidad de la ciencia moderna, al tiempo que se subraya la naturaleza peculiar de sus orígenes occidentales. El debate se dificulta más porque nos lleva a preguntar por qué, en un momento dado de su historia, ciertas civilizaciones que se encontraban tan avanzadas en relación con las demás —por ejemplo, la cultura china o la musulmana— se encerraron en sí mismas y se perdieron del “progreso”.

El trabajo realizado por Needham a lo largo de su vida nos demuestra que ciertas sociedades, ciertas culturas, en diversos periodos de la historia, demostraron ser mucho más eficientes que otras en el manejo de los conocimientos científicos y en la explotación del progreso tecnológico. Pero no sólo en el pasado encontramos estas señales. En este mismo momento, mientras se habla de una nueva etapa en la historia de la Revolución industrial, queda claro que existen disparidades considerables en la capacidad de las distintas sociedades para aprovechar las posibilidades que se están abriendo y, *a fortiori*, en su capacidad para contribuir a la concepción, al desarrollo y a la producción de las “nuevas tecnologías”. La conclusión de Needham tiene el mérito de excluir desde el principio cualquier factor “físico-antropológico” o “racial-espiritual” en las posibles explicaciones del avance o del retraso de algunas sociedades en relación con otras. “La respuesta a estas cuestiones yace, creo ahora, principalmente en las estructuras sociales, intelectuales y económicas de las distintas civilizaciones” (en Goldsmith y Mackay, 1964). Además, sugiere correctamente que la recuperación —tanto como la decadencia y la desaparición— es posible como función de los esfuerzos realizados por ajustar y modernizar estas estructuras.

#### 1. Conocimientos científicos y de otro tipo

En efecto, existe un postulado común incluido en el enfoque de las ciencias “estrictas” modernas: la constancia de las leyes del universo.

Este postulado prácticamente no sufrió cambio alguno desde la época de Lucrecio, quien hablaba de las leyes de la naturaleza como contratos (*foedera*), hasta la proclamación de Einstein de que “Dios es sutil, pero no tiene una naturaleza maliciosa”. O, como escribió Norbert Wiener:

La naturaleza juega limpio y, si después de subir una cordillera, el físico divisa otra en el horizonte frente a sí, no es que haya sido puesta ahí deliberadamente para frustrar los esfuerzos que acaba de realizar. El demonio contra el cual luchan los científicos es el demonio de la confusión, no el de una malignidad voluntaria (1950).

El postulado de esta racionalidad es que el universo funciona obedeciendo órdenes que son como decretos. De hecho, parecerían ser los decretos de un legislador suprarrazional, decretos que los fundadores de la ciencia moderna —Galileo, Descartes, Kepler, Newton— pensaban que se “revelaban” al espíritu humano.

Esto es lo que condujo a Needham a demostrar bastante concretamente la diferencia esencial entre la concepción del orden del mundo en la China tradicional y la de la Europa del Renacimiento. En esta última, las leyes de la naturaleza son válidas para la Tierra y el Cielo de acuerdo con las “órdenes” dadas por un legislador racional; en China no existe una autoridad superior que instituya un sistema de relaciones causales, sino una cooperación orgánica que define una realidad cósmica: la ley no tiene representación clara fuera de las cuestiones humanas, de manera que la inteligibilidad del mundo nunca está garantizada. Needham citó el ejemplo de la Europa medieval en su lucha contra la brujería, donde se llevaban a cabo juicios en los que los acusados eran gallos que ponían huevos. Estos gallos eran condenados a ser quemados vivos porque habían traicionado el orden divino. Needham utilizó cualquier oportunidad posible para demostrar que en la China taoísta nunca se habría soñado siquiera con llevar a cabo juicios de este tipo. Estos fenómenos se consideraban “castigos del Cielo”, “desgracias celestiales”, no una perversión del orden del mundo garantizado por Dios.

La ciencia occidental finalmente se desarrolló y se impuso al hacer a un lado la garantía del legislador supremo. No obstante, las regularidades estadísticas y sus expresiones matemáticas garantizan de cierta manera la hipótesis de un “contrato respetado”, de un orden ajeno a los caprichos y humores arbitrarios de una intervención mágica o maliciosa. Por definición, es imposible negar el funcionamiento racional de los fenómenos naturales (lo cual no significa que no exista una profunda complejidad o incluso desorden y caos en el funcionamiento de algunos de estos fenómenos, como lo demuestran los trabajos más recientes de la física teórica). De ahí la observación de Needham que

ubica maravillosamente la frontera entre las culturas que están listas para adoptar una racionalidad occidental y las que están cerradas a ello: "¿Quizá el tipo de espíritu que puede hacer de un gallo que pone huevos un ser que debe ser perseguido por la ley, fue necesario en una cultura para que ella misma más adelante fuera capaz de producir a un Kepler?" (1969).

Hasta el siglo XVII o XVIII, China y Occidente compartieron el mismo acervo de conocimientos, y China en muchos aspectos mostraba un mayor avance tecnológico. La brújula, la pólvora y la imprenta fueron transferencias de tecnología de China a Occidente, y a fines del siglo XVII, gracias a la "asistencia técnica" de los jesuitas, se dieron intercambios recíprocos entre ambas civilizaciones en el campo común de las matemáticas. "Los europeos de mi corte han presidido las matemáticas durante mucho tiempo ya. En las guerras civiles me prestaron un servicio esencial con el cañón que construyeron", decía el Edicto de Tolerancia de Kang-hi en 1692. Y el "modelo" chino definió buena parte de la bibliografía europea durante todo el siglo XVIII. Pero fue a partir del siglo XVII cuando ocurrió la separación de ambos caminos, con ríos que ya no fluían hacia el mismo océano, la cual perduró hasta el siglo XIX. Las estructuras económicas y sociales en Europa abrieron el camino a la revolución científica y técnica, mientras que en China la "burocracia celestial" se negó al espíritu empresarial, a la innovación y al cambio. Las estructuras económicas y sociales traían consigo actitudes morales y nuevos valores. Incluso hay quienes dirían que dependían de ellos.

La ciencia moderna no se contenta simplemente con sustituir un modelo de conocimientos por otro (la percepción por medio de los sentidos por las matemáticas y la experimentación), sino que establece una concepción del mundo en la cual la capacidad de actuar está vinculada de modo directo con el conocimiento especulativo. Desde este ángulo, la racionalidad de la ciencia occidental se opone a la de la ciencia tradicional, cuya influencia todavía existe en la mayoría de los países en desarrollo, en especial en Asia. Por ejemplo, se ha demostrado por qué la visión del mundo de la India tradicional no pudo haber dado lugar a las ciencias naturales en el sentido en el que las vemos en Occidente desde Galileo (Zimmerman, 1982). El principio que sustenta la ciencia ayurvédica de hecho es el de la ley, y trata de ritos y leyendas; sus acciones dependen de que las cosas se hagan como se estipula en los textos tradicionales, y en absoluto se basa en una investigación acerca de causas que luego conducen a cambios en el modo en el que se hacen las cosas y el progreso técnico. Los tratamientos médicos eruditos en Asia parecen quedar fuera de la historia, e ignoran la

idea del cambio a lo largo del tiempo; mantienen vínculos con el mundo divino y con la adivinación que se encuentran incluso en los primeros textos sagrados y que ofrecen respuestas completas desde el comienzo. El principio implícito en la aplicación de estos tratamientos no puede extenderse para que tenga aplicabilidad universal, mientras que para la ciencia occidental, la constante búsqueda e identificación de causas lleva a descubrimientos e innovaciones cuyos efectos pueden reproducirse universalmente.

## 2. La complementariedad de las racionalidades

La universalidad y la universalización de la ciencia son postulados del pensamiento científico tal como se formó en el periodo clásico y se desarrolló en el transcurso de la industrialización. En efecto, estos postulados fueron adoptados por culturas no universalistas por razones que menos tienen que ver con la definición de la investigación científica que con el poder de los complejos económico-militares-industriales (Salomon-Bayet, 1984; Petitjean *et al.*, 1992). Sin embargo, aunque el poder operacional de la ciencia moderna proporcionó al imperialismo europeo medios eficaces sin precedentes, la universalidad postulada por la ciencia moderna no por ello universalizó (no podía hacerlo) la civilización occidental. El deseo de conocer es verdaderamente universal, sin importar el modo que puedan adoptar los conocimientos. No obstante, la universalidad del conocimiento científico en el sentido occidental afecta sólo a la red que se formó y desarrolló mediante la adopción del modelo de instituciones científicas —desde las estructuras de la educación, la capacitación y la investigación hasta las instituciones sociales y políticas— creado en Europa.

Por lo tanto, resulta fácil apreciar las limitaciones y, con demasiada frecuencia, los fracasos de ciertos experimentos de modernización que se llevaron a cabo precipitadamente, sin considerar las realidades económicas, sociales o culturales de las sociedades en las que se estaban introduciendo; la utilización de la ciencia y de la tecnología no puede reducirse a la inserción de conocimientos teóricos o prácticos, técnicas y métodos en un entretrejo social que no cuenta con la preparación necesaria. Este hecho está implícito en la naturaleza equívoca (para algunos, la ilusión) de la idea de la "transferencia de tecnología", una transferencia que implica mucho más que el movimiento de un objeto físico de un lugar a otro. Las transferencias de tecnología requieren la preparación de estructuras educativas, administrativas y productivas adecuadas al dominio de la producción de los conocimientos teóricos y prácticos propios.

Las estructuras ¿tienen que ser idénticas a las que produjo la ciencia moderna en los países occidentales? No necesariamente, dado el ejemplo del Japón, donde la "restauración" Meiji condujo a la decisión política de importar el modelo científico y técnico europeo. El comienzo y el rápido dominio del pensamiento científico occidental no se dio en términos de un rechazo hacia un enfoque japonés sino como su cumplimiento. Lo que distingue al Japón de la herencia especulativa europea que data de la antigua Grecia es una actitud hacia la ciencia definida en términos de su capacidad para producir aplicaciones prácticas y no de su poder creativo puramente científico. Es obvio que el Japón nunca intentó seguir a ciegas a Occidente; por lo contrario, trató de incorporar en su propio sistema sólo los elementos que le resultaran útiles en su tarea de modernización. Este proceso prudente y selectivo de aprendizaje se conoce a menudo como *wakon yosai*, que significa "espíritu japonés y aprendizaje occidental" (Hayashi, 1980 y 1984).

La red internacional de científicos capacitados en las mismas instituciones de educación e investigación avanzadas, que hablan el mismo idioma y publican en las mismas revistas, que se reúnen de manera periódica en los mismos lugares para sus coloquios y conferencias, se basa ciertamente en el idioma, los métodos y los resultados compartidos de una comunidad científica universal en el sentido occidental. Para un investigador, la noción de pertenecer a la comunidad ampliada de la ciencia es muy significativa y de gran apoyo. Pero esta red internacional de la ciencia, en gran medida similar a las líneas aéreas, no es universal en el sentido de que cualquiera pueda ingresar: pertenecer a la red no equivale a compartir el marco conceptual que le dio origen. Desde este punto de vista, la "universalidad" de la ciencia moderna es ilusoria.

No basta con recurrir a los métodos universales de la ciencia y de la tecnología para reproducir un modelo de desarrollo basado en una tradición, una historia y una realidad extrañas a las de la mayoría de los países en desarrollo. Lo que se ha escrito acerca de la India después de su independencia se puede aplicar por igual a muchos otros casos:

La ciencia ha crecido como un oasis en un ambiente que, si bien no le es antagónico, tampoco simpatiza con ella, donde la mayoría de la gente está inmersa en supersticiones y en un tradicionalismo del cual muchos de los principales científicos también son víctimas (Rahman, 1977).

Parecería obvio decir que uno de los principales fines de cualquier proceso de desarrollo debe ser el reconocimiento de la ciencia y de la tecnología como parte de los elementos decisivos en la vida social y cultural. Pero es mucho más fácil decirlo que hacerlo, y no es por casual-

idad que Nehru y los posteriores líderes de la India lucharon constantemente por difundir una "disposición científica" entre la vasta población del subcontinente.

Al mismo tiempo, esto no significa que se rechacen las ciencias que se basan en una racionalidad distinta de la que tiene la ciencia occidental, en particular porque han dejado de ser extrañas y exóticas en Occidente. Están floreciendo incluso en el centro del círculo científico, como puede verse claramente por la manera en la que se ha difundido la enseñanza de la acupuntura en las escuelas de medicina occidentales, o por el regreso a los remedios herbarios y a las llamadas tecnologías "blandas". La crítica a la medicina occidental por ofrecer tratamientos y medicamentos "agresivos", que no respetan la "armonía" del equilibrio entre la psique y el soma, es otro ejemplo de transferencia cultural de Oriente a Occidente. La gama de racionalidades debe reconocerse subrayando la manera en que se complementan, en lugar de enfrentarse entre sí. Tampoco su coexistencia es neutral: conduce a interacciones positivas, y es bien sabido que la medicina no occidental puede tener efectos benéficos en casos de desórdenes crónicos y funcionales.

Para los servicios de salud en los países en desarrollo, esta complementariedad va de acuerdo, de hecho, con las necesidades sociales. En Asia, la medicina popular que ofrecen yerberos, adivinos, mediums espirituales, sacerdotes taoístas o budistas sigue existiendo al lado de la medicina tradicional académica practicada por personas capacitadas en escuelas y hospitales reconocidos (Huard *et al.*, 1978; Meyer, 1983). Esta medicina académica recibe el apoyo de la Organización Mundial de la Salud porque su utilidad es mucho mayor, ya que la medicina occidental es costosa, por lo que es inaccesible para las mayorías y es imposible de proporcionar en zonas rurales. Además, los dos estilos de medicina no sólo se complementan en cuanto a los tratamientos que ofrecen, sino también en la investigación, con los estudios que combinan los remedios tradicionales y las técnicas modernas de quimioterapia. Desde los años setenta en el Japón, Hong Kong y Taiwán, las publicaciones respecto a medicina tradicional llamada *kanpo* han disfrutado de un auge enorme y es frecuente que un médico japonés, formado con métodos occidentales, practique simultáneamente el *kanpo*, al igual que existen acupunturistas que aumentan la eficiencia de sus agujas agregándoles una corriente eléctrica.

No obstante, es justo reconocer que estas transferencias de prácticas de Oriente a Occidente son ejemplos más cercanos a lo que podría llamarse "tecnologías blandas" que a los grandes complejos científicos que constituyen el principal apoyo de la física y la biología avanzadas.

La coexistencia de diferentes sistemas de racionalidad se refiere a instituciones y prácticas de distintos niveles, y lo que es válido para la medicina, todavía más un arte que una ciencia, y aún más para el caso de las ciencias sociales, puede no resultar válido para la parte "estricta" de la investigación científica. Al mismo tiempo, dentro de los países industrializados, la creciente conciencia de los costos sociales que trae consigo el proceso de industrialización y los correspondientes peligros para el medio ambiente llevan a algunos a cuestionar los fundamentos de la racionalidad occidental. Así pues, la coexistencia de racionalidades obliga a la reflexión, no sólo de los límites de los conocimientos que no cumplen con los criterios de la ciencia moderna, sino también de los límites que enfrenta la propia aplicación de este tipo de racionalidad. Incluso la ciencia moderna, que basaba sus afirmaciones de universalidad en la asociación de conocimientos y poder, está redescubriendo que es necesario prestar atención a la brecha entre el conocimiento y la sabiduría.

El proceso de encontrar nuevos caminos que puedan proporcionar un marco legítimo y más viable para la búsqueda de otras estrategias de desarrollo requiere un cambio en la perspectiva desde la cual se perciben los conceptos de "desarrollo" y "progreso". A pesar de sus incuestionables logros, la cultura científico-tecnológica occidental no puede considerarse como el modelo universal que deben imitar los países en desarrollo. Se requiere una percepción más ecuménica del proceso de desarrollo y progreso, en la cual las potencialidades de las múltiples culturas que integran los países en desarrollo deben reevaluarse y apreciarse, en particular si se intenta visualizar lo que se puede lograr mediante una integración armoniosa de su herencia cultural con la ciencia moderna. Mucho se ha debatido respecto a si es posible desarrollar una ciencia latinoamericana, islámica, asiática o africana, en contraste con el carácter universal de la ciencia occidental moderna que no admitiría variantes locales. En cierto sentido, este debate se deriva de otro más amplio (y longevo) entre las escuelas de pensamiento "internalista" y "externalista" en la historia de la ciencia, que atribuyen la principal fuerza impulsora de la ciencia a causas internas a la empresa científica y al contexto social de la ciencia (Sagasti, 1980).

No obstante, resulta obvio que la velocidad y la dirección del progreso científico sean afectadas por consideraciones tanto externas como internas a la conducción de las actividades científicas. Si la ciencia ha de integrarse a las culturas de los países en desarrollo, de tal manera que se logre un crecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas, es necesario prestar cada vez mayor atención a los factores que confieren a la ciencia un sabor local, y condicionar la necesidad de

que se combinen con la herencia cultural de los países en desarrollo. Por ejemplo, el proceso de identificar, seleccionar y formular problemas de tal manera que sean susceptibles de ser atacados por medio de la investigación científica, se ve influido claramente por factores económicos, sociales, políticos y culturales. Y mientras que la elección de un proyecto de investigación individual puede ser más afectada por consideraciones muy relacionadas con la conducción de la investigación científica, el impulso general de las actividades científicas de un país dado claramente se ve condicionado por el contexto general dentro del cual está inmersa la ciencia. La postulación de hipótesis y la construcción de teorías que se deben probar también reciben la influencia de consideraciones más extensas de carácter cultural. Se trata de un proceso donde la creatividad puede expresarse, y donde hay cabida para la expresión de los modos y hábitos de pensamiento que caracterizan a las diferentes culturas. Por último, el proceso de probar y verificar hipótesis debe permitir la posibilidad de corroboración independiente, y debe comparar y contrastar rigurosamente las hipótesis —y las predicciones que de ellas se derivan— con el comportamiento real de los fenómenos estudiados. Este aspecto del proceso científico es obvio que es el menos susceptible a la introducción de consideraciones locales, y los métodos de verificación, por lo menos desde un punto de vista ideal, deberían ser verdaderamente universales.

Esto demuestra que se puede dar "sabor local" a la conducción de la ciencia en las primeras etapas de identificación de problemas y formulación de hipótesis y que, en la etapa de verificación, se torna necesario reconocer el carácter universal de la actividad científica. De esta manera, es posible orientar el crecimiento de la ciencia —o por lo menos de una parte importante de la actividad científica "nacional" en los países en desarrollo— hacia direcciones que respondan mejor a las condiciones y problemas locales, y tener asimismo en cuenta su herencia cultural, al tiempo que se mantienen los aspectos decisivos de la metodología y la consiguiente universalidad, esenciales para la conducción de la ciencia moderna. En efecto, la expansión del conocimiento científico, y (sobre todo) el dominio del cambio tecnológico, integran un proceso social en el cual individuos y grupos toman decisiones respecto a la asignación de recursos extremadamente escasos. Existe el dicho: "Dime con quién andas y te diré quién eres". Cuando se habla de desarrollo, uso y apoyo a los recursos científicos y tecnológicos, podría parafrasearse el dicho: "dime lo que estás investigando y las innovaciones que te llaman la atención y te diré qué es lo que en realidad te interesa".

## BIBLIOGRAFÍA

- Bachelard, Gaston (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, París, PUF.
- Barré, Rémi, y Pierre Papon (1993), *Economie politique de la science et de la technologie*, París, Pluriel-Hachette.
- Ben-David, Joseph (1971), *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study*, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, Prentice-Hall.
- Bernal, John D. (1939), *The Social Function of Science*, Londres, reimp. en 1967 en Cambridge, Mas., MIT Press.
- Blume, Stuart S. (1974), *Toward a Political Sociology of Science*, Nueva York, The Free Press.
- Brooks, Harvey, y Chester L. Cooper (comp.) (1987), *Science for Public Policy*, Oxford, Pergamon.
- Cardwell, D. S. L. (1957), *The Organization of Science in England: Retrospect*, Londres, Heinemann.
- Cohen, I. Bernard (1985), *Revolution in Science*, Cambridge, Harvard University Press.
- Dosi, Giovanni, et al. (comps.) (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Frances Pinter.
- Dupree, A. Hunter (1964), *Science in the Federal Government*, Nueva York, Harper Torchbook.
- Freeman, C., y A. Young (1965), *The Research and Development Effort in Western Europe, North America and the Soviet Union*, París, OCDE.
- Freeman, Christopher, y Luc Soete (comps.) (1987), *Technical Change and Full Employment*, Oxford, Basil Blackwell.
- Galbraith, J. K. (1967), *The New Industrial State*, Boston, Houghton Mifflin.
- Goldsmith, Maurice, y Arnold Mackay (1964), *The Science of Science. Tribute to J.D. Bernal*, Londres, Souvenir Press.
- Graham, Loren A. (1967), *The Soviet Academy of Sciences and the Communist Party*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Hayashi, Takeshi (1980), *Transformation and Development: The Experience of Japan*, Tokio, Universidad de las Naciones Unidas.
- (1984), *Historical Background of Technology Transfer. Final Report*, Tokio, Universidad de las Naciones Unidas.
- Huard, P., et al. (1978), *Les médecines de l'Asie*, París, Seuil.
- Kuehn, Thomas, y Alan Porter (comps.) (1981), *Science, Technology and National Science Policy*, Ithaca, Nueva York, Cornell University Press.
- Kuhn, Thomas S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, edición revisada en 1970, Chicago, Chicago University Press.
- Lakoff, Sanford A. (comp.) (1966), *Knowledge and Power: Essays on Science and Government*, Nueva York, The Free Press.
- Landau, Ralph, y Nathan Rosenberg (comps.) (1986), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, National Academy Press.
- Lenoble, Robert (1958), "La révolution scientifique du 17<sup>e</sup> siècle", René Taton (comp.), *Histoire générale des sciences*, vol. 2: *La science moderne*, París, PUF.

- Lindberg, D. C., y R. S. Westman (1990), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Mendelsohn, Everett, et al. (comp.) (1988), *Science, Technology and the Military. Sociology of Sciences Yearbook*, vol. 12, Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Publishers.
- Merton, Robert K. (1938), *Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England*, Bruges, reimpreso en 1970 en Nueva York, Harper Torchbooks.
- Mesthene, Emmanuel (1965), *Ministers Talk About Science*, París, OCDE.
- Meyer, Fernand (1983), *Gso-Ba Rig-Pa: Le système médical tibétain*, París, CNRS.
- NAE (National Academy of Engineering) (1991), *National Interest in an Age of Global Technology*, Washington, NAE.
- Needham, Joseph (1969), *The Grand Titration. Science and Society in East and West*, Londres, Allen and Unwin.
- Nelson, Richard (1984), *High Technology Policies: A Five Nations Comparison*, Washington-Londres, American Enterprise Institute.
- OCDE (1971), *Science, Growth and Society*, París, OCDE.
- (1980), *Technical Change and Economic Policy*, París, OCDE.
- (1981), *Science and Technology Policy for the 80s*, París, OCDE.
- (1984), *Science and Technology Indicators*, París, OCDE.
- (1988), *New Technologies in the 1990s: A Socio-Economic Strategy*, París, OCDE.
- (1992), *Technology and the Economy. The Key Relationship*, París, OCDE.
- Papon, Pierre (1978), *Le pouvoir et la science en France*, París, Centurion.
- Petitjean, Patrick, et al. (1992), *Science and Empires: Historical Studies about Scientific Development and European Expansion*, Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Publishers.
- Poirier, Lucien (1987), *Stratégie théorique*, vol. 2, París, Economica.
- Price, Derek de Solla (1963), *Little Science, Big Science*, Nueva York, Columbia University Press.
- , e Ian Spiegel-Rösing (comps.) (1977), *Science, Technology and Society: A Cross-Disciplinary Perspective*, Londres-Beverly Hills, Sage.
- Rahman, Abdul (1977), *Triveni: Science, Democracy and Socialism*, Simla, Indian Institute of Advanced Study.
- Ravetz, Jerome R. (1971), *Scientific Knowledge and its Social Problems*, Oxford, Clarendon Press.
- Roland, Alex (1985a), "Science and War", *Osiris*, segunda serie, vol. 1.
- (1985b), "Technology and War: A Bibliographic Essay", Merritt Roe Smith (comp.), *Military Enterprise and Technological Change*, Cambridge, Mas., MIT Press.
- Rose, Hilary, y Steven Rose (1970), *Science and Society*, Londres, Penguin Books.
- Rothwell, Roy, y Walter Zegfeld (1981), *Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s*, Londres, Frances Pinter.



- Sagasti, Francisco (1980), "The Two Civilizations and the Process of Development", *Prospects*, vol. 10.
- Salomon, Jean-Jacques (1973), *Science and Politics*, Cambridge, Mas., Londres, MIT Press, Macmillan.
- (comp.) (1989), *Science, War and Peace*, Nueva York-París, St. Martins Press, Economica.
- (1992), *Le destin technologique*, París, Balland.
- , y A. Lebeau (1993), *Mirages of Development*, Boulder, Col., Lynne Rienner; publicado originalmente en francés en 1988 como *L'écrivain public et l'ordinateur*, París, Hachette.
- Salomon-Bayet, Claire (1984), "Modern Science and the Coexistence of Rationalities", *Diogenes*, núm. 126.
- Watson, James (1968), *The Double Helix*, ed. rev. en 1970, Londres, Weidenfeld and Nicolson.
- Wiener, Norbert (1950), *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*, edición revisada en 1967, Nueva York, Avon Books.
- York, Herbert F. (1987), *Making Weapons, Talking Peace*, Nueva York, Basic Books.
- Zalevski, Eugène (1991), "Les dépenses militaires en URSS", *Futuribles*, número 158.
- , et al. (1969), *Science Policy in the USSR*, París, OCDE.
- Ziman, John (1968), *Public Knowledge: An Essay Concerning the Social Dimension of Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Zimmermann, Francis (1982), *La jungle et le fumet des viandes: Un thème écologique dans la médecine hindoue*, París, Haute Études Gallimard-Seuil.

## 2. HISTORIA DE LAS IDEAS ACERCA DEL DESARROLLO

*Nasser Pakdaman*

DESPUÉS de la segunda Guerra Mundial los estudiosos de la economía empezaron a centrarse en el problema de atacar con eficacia la pobreza y la miseria que afligían a dos terceras partes de la raza humana. La economía del desarrollo es:

un campo de análisis comparativamente joven... nacido hace aproximadamente una generación... no surgió como una disciplina teórica formal, sino que fue creado como una cuestión práctica en respuesta a las necesidades de los formuladores de políticas para asesorar a los gobiernos respecto a lo que podía y debía hacerse, de tal manera que sus países dejaran atrás la pobreza crónica (Meier y Seers, 1984).

Su nacimiento ocurrió dentro de un contexto histórico singular y con la influencia decisiva de toda una gama de factores políticos y culturales. Su antecedente histórico lo constituyeron las secuelas de la segunda Guerra Mundial, cuyo fin dio lugar al optimismo de que los nuevos modos de cooperación y solidaridad internacional pudieran resolver los problemas de las regiones y de los países "atrasados" y crearan nuevas oportunidades en este sentido. La desintegración de los imperios coloniales como resultado de los movimientos de independencia nacional colocó en lugar prominente un nuevo factor que hasta la fecha —al igual que el Tercer Estado en la Francia prerrevolucionaria— no había sido "nada", pero ahora quería pasar a ser, si no "todo", por lo menos "algo". "Pasar a ser algo" expresaba un deseo o intención de efectuar los cambios que pueden encontrarse detrás de todos los planes de desarrollo concebidos por las porciones del planeta que más adelante Alfred Sauvy etiquetó como "el Tercer Mundo" (Sauvy, 1952). El desarrollo de este mundo "olvidado, explotado y despreciado", para citar a Sauvy, constituyó una causa de preocupación internacional de gran relevancia, "un problema muy importante que ha de ocuparnos durante el próximo medio siglo, y quizá también el siguiente, siempre y cuando no ocurra ningún accidente grave que dé un nuevo giro al conflicto entre los dos bloques de poder" (Sauvy, 1951).

Nuevamente fue dentro de este contexto donde los problemas de desarrollo adquirieron una urgencia mucho mayor de la que nunca

