

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN
ENFOQUE TEÓRICO Y ESQUEMA METODOLÓGICO

1. Las implicaciones de la Revolución Industrial y Científico-Tecnológica	11
2. El enfoque restrictivo-formalista-estático	17
3. El enfoque adoptado	21
4. El subsistema de la ciencia	26

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

ENFOQUE TEÓRICO Y ESQUEMA METODOLÓGICO

Ciencia y técnica, sociedad, Estado y derecho, son parte de una constelación problemática de muy alta significación para México y otros países de América Latina. Su importancia se ha ido evidenciando cada vez más en los dos últimos siglos, como parte de los problemas y retos que para dichos países representan las situaciones de desarrollo insuficiente o inadecuado y de dependencia externa. En esta ubicación estructural tiene un papel central la serie histórica de las tres Revoluciones Industriales y Científico-Tecnológicas. Éstas han tenido y tienen cada vez más múltiples impactos y efectos acumulativos, tanto directos como indirectos, en relación a los principales aspectos y niveles de las naciones de América Latina. Han producido cambios, positivos y negativos, que inciden en la economía y la sociedad, la cultura y la política, el Estado y el derecho.

1. LAS IMPLICACIONES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Las *Revoluciones Industriales* de las dos últimas centurias, sobre todo la tercera actual se identifican, en mayor o menor grado, con un ascenso espectacular de la ciencia y la técnica, como actividades e instituciones y fuerzas sociales de influencia cada vez más decisiva, y como componentes estructurales y dinámicos de valor cada vez más estratégico.

La Tercera Revolución, en despliegue desde la Segunda Guerra Mundial, se identifica con un cambio científico y tecnológico sin precedentes, por su amplitud y su intensidad, su profundidad y su continuidad. Representa un conjunto de investigaciones científicas, de innovaciones tecnológicas y de variedad de formas productivas, en pleno desarrollo

y con creciente vigencia. Ello sobre todo en lo que respecta a energía nuclear, electrónica, información, comunicaciones, telemática, biología, materiales. La velocidad, la intensidad y la profundidad de los desarrollos científicos y técnicos, de sus impactos y de sus efectos directos e indirectos, se expresan en múltiples formas e indicadores.

La tasa de cambio científico, tecnológico y productivo es hoy más rápida que en toda la historia. Un 85% de todos los científicos que han vivido en el planeta están vivos hoy, con instrumentos avanzados y mayores capacidades creativas. “Toda la Revolución Industrial —dice el doctor Carver Mead, del California Institute of Technology— aumentó la productividad por un factor de alrededor de 100, pero la revolución microelectrónica ya ha aumentado la productividad en la tecnología de base informática por un factor de más de un millón, y aún no se divisa el final”.¹ El volumen de publicaciones, y el número de investigadores se duplica cada 10 años. Desde 1939 se gasta en ciencia el triple de dinero y esfuerzos dedicados para tal fin en toda la historia anterior. Los gastos gubernamentales de algunos países en investigación fundamental, en la década de 1950 y en la primera parte de la de los 60, se duplicaron cada 5 años. En las últimas décadas se han realizado más progresos científicos que en toda la historia anterior. Si la tasa de progreso científico desde Newton continuara por 200 años más, serían científicos todas las personas del planeta, el ganado y los perros.² El conocimiento científico se duplica ahora cada 13 a 15 años.

Los desarrollos cuantitativos y cualitativos se dan en la ciencia en sí, y en su irradiación sobre la sociedad. El siglo XX ha presenciado el desarrollo acelerado y la convergencia general de todas las ciencias. El campo del saber adquiere un diseño cada vez más preciso, desde las disciplinas físico-naturales a las sociales. Se van adquiriendo nociones más exactas de lo que se sabe, lo que no se sabe y lo que quizá no llegue a saberse. Se acentúa la actitud y la práctica del provisionalismo en los conocimientos, las interpretaciones y las explicaciones.

La ciencia va adquiriendo una mayor independencia relativa. Como actividad creativa, construye un mundo propio de conocimientos y artefactos, integra cada vez más las fuerzas productivas de las naciones y los grupos. El saber cómo técnico se apoya más y más en el saber

1 Walter B. Wriston, “Technology and Sovereignty”, *Foreign Affairs*, New York, Council on Foreign Relations, vol., 67, núm. 2, 1988.

2 Nigel Calder, *Technopolis-Social Control of the Uses of Science*, London, Panther Books, 1970.

INTRODUCCIÓN

13

qué científico, para el mantenimiento, la reproducción y el desarrollo de las sociedades.

Ciencia y tecnología afectan a todas las sociedades en varios niveles. Sus cambios inciden en todos los niveles y aspectos de las sociedades, los grupos y los individuos. Aquéllas se introducen en todas las formas de actividad práctica y de pensamiento. Ello se da tanto más cuanto más aumenta la rapidez en la realización, cuanto más se reduce el lapso entre la invención y el aprovechamiento productivo. La ciencia va asumiendo un papel clave en el crecimiento cuantitativo y en el desarrollo integral, en la supervivencia y el progreso de sociedades, grupos e individuos. Lleva consigo y proyecta la promesa de solución para los problemas materiales, de liberación de las tareas mentales y corporales de pesadez entorpecedora y degradante, de esperanzas de vida mejor. Nuevos conocimientos, tecnologías, procesos de desarrollo y productos de la ciencia y la tecnología pueden aliviar o agobiar las vidas individuales y colectivas.

Bien llamada Revolución de la Inteligencia, la Tercera Revolución requiere, incorpora y suscita una inversión fuerte y masiva en materia gris; modificaciones en las relaciones del instrumental tecnológico y del aparato-proceso científico con la producción económica, la estructura y el cambio sociales, la cultura y la ideología, la política y el Estado, el derecho, las relaciones internacionales.

Implicada la ciencia en la civilización, en los aspectos materiales, sociales, intelectuales, psicológicos y éticos de sociedades, grupos e individuos, se convierte en factor decisivo en la configuración del modelo de pensamiento, de las aptitudes, actitudes conductas. Es también factor decisivo de cambios rápidos, relativamente más conscientes y previsibles, por una parte, pero también, como se verá, de consecuencias no intencionales, imprevisibles, indeseables, por la otra; de todos modos, en ambos casos, factor de rápidas transformaciones en las estructuras, situaciones y procesos que condicionan o determinan la vida humana. Conocimientos, procedimientos, procesos y productos de la ciencia y la tecnología producen efectos más o menos profundos sobre las fuerzas y estructuras, los actores, los valores y normas, las instituciones, los patrones y procesos de decisión de toda sociedad en su conjunto, sobre el Estado y sus políticas internas e internacionales.

La aceleración exponencial de la ciencia y la técnica hace que la vida y los problemas de una generación tiendan a diferir cada vez más de las de las predecesoras. Las experiencias y soluciones anteriores se vuelven insuficientes para nuevas situaciones específicas. Los viejos problemas de modifican, se crean otros nuevos y, con éstos, aparecen

nuevos desafíos, amenazas y oportunidades, y aumenta la necesidad de nuevas respuestas con el recurso de métodos científicos y aparatos técnicos. Ello se da en términos de economía y de la sociedad, de los regímenes y procesos políticos internos, de los modos de organización y funcionamiento, los fenómenos y dinámicas de la economía mundial y del sistema interestatal o internacional.

La Tercera Revolución perfila una fase histórica de múltiples y veloces mutaciones parciales, que quizás tienden a integrar una totalidad identificable con una mutación global; incluso una metamorfosis antropológica, parcial o total, de la naturaleza humana, con la emergencia de un(os) nuevo(s) Adán y Eva.

La expansión global de la ciencia y la técnica va acompañada por su distribución no uniforme, desigual, polarizada, entre clases y grupos, regiones y países, y en el interior de unas y otros. Ello se da en términos de ubicación y de capacidad y goce de controles grupales y nacionales de los focos de emergencia y de producción, de los itinerarios de su propagación, de las tasas de productividad y de los usos de los resultados. Intereses sectoriales y nacionales en competencia, y brechas en el desarrollo científico y tecnológico, se presuponen, entrelazan y refuerzan mutuamente. Lo que ocurre con la ciencia y la tecnología es uno de los factores centrales de la viabilidad, supervivencia y competitividad de las naciones en la economía internacional; de las coacciones que sus Estados y gobiernos sufren; de las posibilidades de que disponen; de las opciones que enfrentan, al representar y promover sus intereses globales y de seguridad nacional en el sistema internacional, al diseñar y aplicar sus estrategias políticas y diplomáticas, y sus planes militares.

Estas situaciones y procesos y los problemas y retos que producen o con los cuales se identifican, encuentran refuerzo y amplificación en la crisis que ha venido afectando sobre todo a los países latinoamericanos y del Sur, pero también aunque en menor grado a los del Norte.

La crisis ha revelado, intensificado, acelerado, los problemas y retos inherentes al agotamiento del camino-estilo de desarrollo que prevaleció en las últimas décadas, y ha reforzado las perspectivas de estancamiento de regresión. Parecería válido preguntarse si la crisis no es sino la punta del iceberg, resultado, modo de manifestación, componente y refuerzo de una mutación en los centros que se identificaría en considerable medida con la Tercera Revolución Industrial y Científico-Tecnológica y la redefinición de la División Mundial del Trabajo.

Las fases históricas de discontinuidades tecnológicas, de emergencia de nuevas técnicas y de las soluciones y alternativas correspondientes, y sobre todo de mutación tecnológica más o menos global, han sido y

son ocasión de brutales redistribuciones de cartas, entre bienes y servicios, empresas y economías en competencia, entre clases y grupos, entre países y Estados. Son momentos históricos en que posiciones dominantes se pierden, antiguos mercados desaparecen, a veces en cuestión de años. A la inversa, las discontinuidades tecnológicas y las oleadas de innovaciones, las crisis mismas, pueden hasta cierto punto ser previstas comprendidas y explotadas, para dar impulso, hacer triunfar e imponer a quienes son capaces de verlas llegar y de aprovecharlas para su propio desarrollo. En el ideograma chino, la crisis es peligro pero también oportunidad, y en su etimología griega aquella tiene que ver con la decisión, con el momento decisivo en que se resuelve un negocio grave y de consecuencias importantes.

Subdesarrollo y dependencia, sometimiento virtualmente inescapable a los impactos acumulativos y a las consecuencias directas e indirectas de las Revoluciones Industriales y Científico-Tecnológicas, pero también con las posibilidades que abren, enfrentan a los países latinoamericanos, y del Sur en general, con una *opción* fundamental.³

Por una parte, se sostiene que el progreso científico y técnico, más o menos endógeno o autónomo es, si no virtualmente imposible, sí en todo caso difícil, costoso, de dilatada maduración, fuera de las posibilidades de países en desarrollo. La conclusión y la alternativa serían el recurso a la limitación, la copia y el trasplante de la ciencia y la técnica de los países avanzados.

Por otra parte, se sostiene la necesidad de un creciente grado de autonomía científica y técnica, como medio y como fin para una estrategia de desarrollo integral. Los argumentos de esta segunda posición, *autonomizante* —que se comparte—, serían esquemáticamente los siguientes:

- a) La transferencia de tecnología y ciencia, sobre todo a partir y a través de la corporación transnacional, la compra de patentes, la mera importación y la incorporación pasiva y condicionada de conocimientos, han evidenciado en la práctica considerables li-

3 Sobre el dilema y la opción favorable al desarrollo autónomo, ver: Marcos Kaplan, *La ciencia en la sociedad y en la política*, México, SEP-Setentas, 1975, y M. Kaplan, *Ciencia, sociedad y desarrollo*, México, UNAM, 1987; Miguel S. Wionczek, editor, *Política tecnológica y desarrollo socioeconómico*, México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1975; José Leite Lopes, *La ciencia y el dilema de América Latina: dependencia o liberación*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores, 1972; Jairam Ramesh and Charles Weiss, Jr., editors, *Mobilizing Technology for World Development*, New York, Praeger Publishers, 1979; Francisco R. Sagasti, *Ciencia, tecnología y desarrollo latinoamericano*, México, Fondo de Cultura Económica, 1981.

mitaciones. Estas modalidades no han favorecido, o han desalentado, el progreso científico y la capacitación técnica de los países receptores.

- b) Todo país latinoamericano necesita realizar investigaciones específicas sobre problemas propios que no revisten interés para los centros ubicados en las metrópolis desarrolladas.
- c) Incluso la imitación, la copia y el trasplante de ciencia y técnica exógenas exigen un alto grado de desarrollo propio en el país receptor para que sus efectos resulten positivos. El conocimiento generado fuera del país, aun en el caso de a su asimilación auténtica, sólo resuelve una parte de los problemas del atraso y la dependencia externa. No son una alternativa, sino uno de los componentes de una estrategia y una política de desarrollo integral.
- d) La necesidad de más y mejor educación para más y mejores personas requiere a su vez de la investigación para asegurar que sus productos no dejen de actualizarse. La formación que da la investigación es elemento esencial del sistema general de educación que requiere una sociedad para ser moderna y mantenerse como tal.
- e) La renuncia a la capacidad autónoma en ciencia y técnica, consideradas como una de las manifestaciones supremas de vigor intelectual, creatividad y capacidad de acción histórica de una nación, implica renunciar a la posibilidad misma del desarrollo.
- f) A las razones precedentes se agrega la presencia cada vez creciente y la incidencia cada vez más vigorosa y multifacética de la Tercera Revolución Industrial y Científico-Técnica. Ésta, como se verá luego con más amplitud y detalle, resulta de las interacciones de un conjunto de mutaciones técnicas, sociales, culturales, económicas, y se presenta cada vez más como una “Revolución de la Inteligencia”. En este sentido, trastruca todos los aspectos de la existencia y la actividad humanas, los poderes, situaciones y jerarquías; amenaza a todos los países con crueles crisis y con implacables modalidades de competencia internacional. La conquista y el uso del conocimiento, la tecnología, el incesante incremento de la productividad, el triunfo en la guerra económica internacional, la supervivencia, el desarrollo, el rango, en las condiciones perfiladas e impuestas por la Tercera Revolución Industrial, presuponen y exigen, vuelven decisiva, la apuesta a favor de la inteligencia, la capacidad, la calificación, a aptitud para aprender y emprender, y ello de todos, en la vida cotidiana, las empresas e instituciones, la sociedad. De ello dependerá cada

INTRODUCCIÓN

17

vez más las capacidades de percibir, adoptar y usar las nuevas técnicas, de competencia y supervivencia, de logro y despliegue del poder. Se vuelve así cada vez más indispensable la creciente inversión y la movilización adecuada de materia gris, de creatividad y cultura de altos niveles. Para los individuos, las empresas productivas, las instituciones culturales y sociales, las regiones, las naciones, los espacios internacionales, el mundo en su conjunto, la estructuración y funcionamiento de la realidad, las opciones y decisiones, los proyectos y los logros, las estrategias de crecimiento y desarrollo, se configuran cada vez más en interrelación con la educación, la investigación científica, y la innovación tecnológica, trinidad virtualmente indisoluble, se vuelven indispensables para la valoración de los recursos humanos, la elevación del nivel general de formación y calificación; el incremento del número de hombres y mujeres capaces, de trabajadores manuales e intelectuales, de técnicos y científicos; la creación de élites de nivel internacional, para la competencia y la cooperación; el necesario esfuerzo interno de investigación e innovación sin el cual no es posible el desarrollo autónomo.⁴

Reconocidas la vital importancia de la capacidad científica y tecnológica para la supervivencia y el desarrollo integral de México y América Latina, y la existencia de coacciones y desafíos que limitan y amenazan el logro de tal capacidad, se requiere el análisis crítico, la propuesta de modelos y escenarios alternativos, y la evaluación del papel crucial del Estado y el derecho en todo ello. Lo cual a su vez necesita partir de un enfoque teórico y metodológico que sea adecuado para tales objetivos.

2. EL ENFOQUE RESTRICTIVO-FORMALISTA-ESTÁTICO

El análisis de las relaciones e interferencias entre ciencia, sociedad, Estado y derecho ha estado afectado por la incidencia de enfoques *restrictivos, formalistas, estáticos*, y sus productos y efectos *reduccionistas*.⁵ Sus limitaciones y deformaciones en el análisis de las relaciones

4 Ver Centre de Prospective et d'Évaluation, *Rapport sur l'État de la Technique, La Révolution de l'Intelligence*, Paris, Sciences & Techniques, Mars, 1985, numero spécial; François de Closets, en *Danger de progrès*, Paris, Gallimard, 1972.

5 Ver Marcos Kaplan, *Estado y sociedad*, México, UNAM, 1978; Marcos Kaplan, *Ciencia, sociedad y desarrollo*, cit.

entre la ciencia y las principales instancias de la sociedad, se manifiestan de varias maneras.

Una *primera variedad, agnóstica*, niega la existencia de conexiones directas y comprobables entre economía, sociedad, Estado y derecho, dadas la complejidad de los aspectos implicados y la consiguiente imposibilidad que se postula de hallar y analizar determinaciones y condicionamientos, relaciones e interacciones precisas.

Una *segunda variedad*, impregnada de *determinismo*, considera a la ciencia y a la técnica como fundamentalmente autónomas. Las visualiza como autodeterminadas por su propia dinámica interna, constituidas en variables independientes con aptitud para generarse y expandirse por sí mismas, sin reconocimiento de las interrelaciones con la sociedad global. Se les atribuye asimismo una capacidad para influir procesos de tipo socioeconómico, cultural, político y jurídico, que se convertirían así en variables dependientes de las primeras. Los aspectos económicos, sociales, políticos, cultural-ideológicos de la ciencia y de la técnica, resultan así desdeñables para la investigación. El análisis de la ciencia y de la técnica se reduce a un catálogo enumerativo de éxitos y conquistas —en términos de teorías, métodos, descubrimientos, invenciones, innovaciones—, ilustrado, en el mejor de los casos, por ejemplos de sus efectos sobre las restantes fuerzas, estructuras y procesos. La actividad, el aporte, la influencia, de aquéllas, no se insertan en el flujo real de la sociedad. No se puede explicar así por qué el avance de la ciencia no es mera repetición y acumulación con variaciones. Se pierde su progresividad, su aptitud para la generación de novedades, la irreversibilidad e irrepitibilidad de sus avances. Esta postura peca de una *extrapolación epistemológica reduccionista* (Michel Foucault), por la cual las estructuras formales del discurso de una ciencia definen la ley histórica de su aparición y de su desarrollo. Su influencia es perceptible en diversas manifestaciones, como la teoría del *rezago cultural* de William F. Ogburn,⁶ y un número considerable de los análisis y proposiciones con referencia a los caracteres y efectos de la revolución científica contemporánea y a los diagnósticos y estrategias de política científica y tecnológica.

Una *tercera postura*, también *reduccionista* y *determinista* como la segunda, aunque de signo inverso, afirma el predominio prácticamente absoluto de las fuerzas y dinámicas socioeconómicas, sobre los fenómenos y cambios científicos y técnicos y, en general, sobre todo lo que

6 Allen-Hart-Miller-Ogburn-Nimkoff, *Technology and Social Change*, New York, Appleton-Century-Crofts, 1957.

se denomina superestructural. Por una *extrapolación genética reduccionista* (M. Foucault), la organización interna y las normas formales de una ciencia son discernibles a partir de su contexto histórico de aparición y de sus determinantes y condicionantes externos a ella.

En el desarrollo histórico del marxismo, en sus diversas variedades teóricas, ideológicas y políticas, y en sus principales encarnaciones nacionales, la ciencia tiene un estatuto ambiguo y contradictorio, que intenta definirse de modo fluctuante en la competencia de varias tendencias e imágenes.⁷

1. La teoría original que se va perfilando en las obras de Marx y Engels no da reglas precisas para el análisis y evaluación de la ciencia y la técnica, ni para la formulación de políticas aplicables a ellas.

Una primera tendencia y visión o imagen presentaría a la ciencia como fuera del ámbito o circuito de la economía. Se definiría (sobre todo las ciencias naturales) como sistema de conocimientos disponibles y gratuitos, a la manera de las fuerzas naturales y como ellas, sólo actualizados desde el momento de su explotación.

2. La versión determinista que se desarrolla y vuelve predominante en el propio Engels y en los marxismos pos-Marx, sobre todo en el marxismo-leninismo como ideología oficial de la Unión Soviética stalinista y su movimiento político internacional, presupone y afirma la ligazón estrecha entre la teoría y la práctica, incluso la reducción de la primera a la segunda. La ciencia es definida como actividad dependiente y servidora de la industria y de la técnica, emparentada a ellas por una filiación directa. Las actividades científicas serían primordialmente el producto o reflejo de la infraestructura de un estado dado, de las fuerzas productivas y del sistema de producción, que condicionarían o determinarían las estructuras sociales y culturales, los conflictos de clases, las conciencias colectivas e individuales. La ciencia sería un sistema condicionado, parte de la conciencia subjetiva de un proceso objetivo.

Se otorga así a la infraestructura socioeconómica el predominio sobre lo llamado superestructural, lo cultural y lo ideológico, lo científico, lo político, lo jurídico, a los que la primera condiciona y determina de manera mecánica, lineal, rigurosa. Toda fluctuación en un elemento de la superestructura, es mero reflejo y registro de las evoluciones de las

7 Ver Kostas Axelos, *Marx, penseur de la technique*, 2 volúmenes, 1961, Paris, 10-18, Union Générale d'Éditions, especialmente volumen 1, Libro II, Capítulo III, y volumen 2, Libro V, Capítulo IV. Ver también G. A. Cohen, *Karl Marx's Theory of History*, Princeton University Press, 1978, *passim*.

fuerzas productivas, de los sacudimientos en las relaciones de producción, de las luchas de clases. Lo científico y lo técnico son reducidos a meros reflejos, productos, epifenómenos de tales fuerzas, relaciones y luchas.

3. Al mismo tiempo, en Marx y Engels y en algunos de sus continuadores, la ciencia es reconocida como parte de la infraestructura, elemento constitutivo de las fuerzas productivas y del sistema de producción, integrante de la constelación de factores condicionantes o determinantes. En esta medida, la ciencia intervendría en la sociedad a través del devenir objetivo del trabajo. Marx llega incluso a presentir el papel productivo del saber como sustituto del trabajo mismo (*Grundrisse*), si bien no llega a afirmar la generación de la técnica y de la industria a partir de la ciencia, como parece ser una significativa tendencia de la situación actual.

En efecto, Marx constata que la producción se vuelve:

un proceso de análisis que deriva directamente de la ciencia y de una aplicación de las leyes mecánicas y químicas que permiten a la máquina efectuar el mismo trabajo que antes realizaba el obrero. Sin embargo, la maquinaria no conoce tal desarrollo sino desde que la industria ha alcanzado ya un nivel muy elevado, e capital ha aprisionado todas las ciencias a su servicio y, más aún, la maquinaria disponible le procura ya recursos apreciables.

La invención se vuelve entonces una rama de los negocios, y la aplicación de la ciencia a la producción inmediata determina las invenciones, al mismo tiempo que ella las solicita [...]⁸

4. Por otra parte, sobre todo en el corpus del marxismo tal como evoluciona y se diversifica después de Marx, la ciencia pertenecería también a la superestructura. Lo haría como parte de la conciencia humana, elemento del desarrollo de la vida intelectual, definición como dominio de las ideas. En esta medida, la ciencia se ubicaría en la constelación de las ideologías determinadas. Las fuerzas y condiciones económicas no dejarían de ser el hilo conductor para comprender el devenir de la ciencia, aun en sus aspectos más teóricos. La genealogía de los conceptos y teorías dependerían siempre en última instancia del condicionamiento económico-clasista. Como resultante de esta postura, las relaciones entre ciencia, Estado y derecho son subestimadas o des-

⁸ Karl Marx, *Fondements de la critique de l'économie politique*, volumen II, Paris, Éditions Anthropos, 1970, p. 220.

deñadas. La ciencia, como sistema del saber e institución social, es remitida a los conflictos entre fuerzas productivas, relaciones de producción y superestructura. Las ciencias no pueden tener historia autónoma; la historia de las ciencias se esfuma, o se vuelve conjunto de generalizaciones vagas y dogmáticas.

3. EL ENFOQUE ADOPTADO

A la inversa de los diversos reduccionismos, caracterizados por sus enfoques simplificadores, deterministas, *mecanicistas-lineares*, esta investigación presupone y postula un enfoque totalizador, concreto y dinámico, o histórico-estructural, o policéntrico. El mismo asume un pensamiento y un análisis de tipo inter o transdisciplinario, que tiene como punto de referencia u objeto los sistemas abiertos, multidimensionales y complejos, sometidos a la lógica de la negantropía, de la autoorganización y de la hipercomplejidad.⁹

Individuos, conjuntos, grupos, organizaciones, sociedades, sus actividades y procesos, se definen —en su naturaleza, en su estructuración y funcionamiento— como unidades organizadas en sistemas hipercomplejos a partir y a través de un conjunto de polos-principios generadores. Tales unidades resultan de las interrelaciones, interacciones o interferencias mutuas, de polos múltiples; se presentan como totalidades biosociales, a comprender mediante un enfoque multipolarizado o policéntrico.

Polos sistémicos son: el ecosistema; el sistema genético; el sistema cerebral; el sistema social y sus subsistemas integrantes (económico, de la jerarquía social, cultural, científico-técnico, político-estatal), internacional. Ellos establecen entre sí relaciones de complementariedad, competencia, antagonismo; de continuidad, mediatización, discontinuidad; en todo caso en condiciones de incertidumbre. Entre estos polos no hay jerarquía. Ninguno de ellos es por sí solo fin, realidad, esencia, de cualquier fenómeno o conjunto humano-social. Cada polo y sus elementos necesitan de los otros. Ninguno puede ser pensado como el fin del otro. Cada polo es fin y medio de los otros, y coautor, coorganizador, coproductor, del conjunto. Sus interacciones tienen un papel constitutivo de las totalidades consideradas. Toda unidad de praxis humana es a la

⁹ Para una presentación más amplia y detallada del enfoque adoptado, Ver M. Kaplan, *Estado y sociedad, cit.*, y *Ciencia, sociedad y desarrollo, cit.*; Edgar Morin, *Le paradigme perdu: la nature humaine*, Paris, Éditions du Seuil, 1973.

vez genético-cerebral-social-ecosistémica. Este policentrismo coexiste y se superpone con otro: el de la constelación especie-individuo-sociedad. Se trata de un circuito sin comienzo ni fin entre todos los polos y elementos; de una interrelación de sus complejidades y desarrollos.

Individuos, conjuntos, sociedades, son unidades superiores, totalidades organizadas. No son reductibles a sus unidades constitutivas elementales, ni disolubles en ellas. No son aisladamente descifrables a partir de las propiedades particulares de aquéllas. La totalidad aporta la inteligibilidad de las propiedades que sus componentes manifiestan.

Persona, especie, sociedad, están sometidas a una lógica de autoorganización y complejización, a una dialéctica de la entropía y la negantropía. Los seres vivos y los humano-sociales se componen de un alto número de unidades e interacciones, poco fiables por separado, confiables en sus conjuntos. Elementos componentes y conjuntos tienden a la entropía, al desorden y la desorganización en el tiempo. Funcionan siempre con una parte de indeterminación, de ruido, de desarreglo. Pero también son capaces de negantropía, de organización generativa y permanente reorganización a través del aumento de la complejidad. Tienen aptitud para ir constituyendo en el tiempo un orden informativo de naturaleza organizativa, sometido a una lógica no finalista sino negantropica.

Todo sistema autoorganizado complejo (vida, ser humano, grupo, sistema social) puede —entre ciertos umbrales— soportar el aumento de la parte de ruido o desorden; regenerar, reconstruir, reproducir los elementos que se degradan. Utiliza las indeterminaciones, las variaciones aleatorias, los acontecimientos perturbadores, para mantener y desarrollar su propia organización, aumentando su diversidad y su complejidad, autoorganizándose a un nivel superior. La lógica del desorden y la lógica de la complejización configuran una unidad antagónica, con mutuas implicaciones. Los componentes de ambos términos dan múltiples combinaciones, fenómenos y procesos intermedios.

Lo humano y social asume un carácter *morfogenético*. La historia es una sucesión de variaciones y manifestaciones aleatorias de las virtualidades del ser humano. La evolución histórica no es continua, lineal, mecánica. Es aleatoria, estocástica, regida por el principio de indeterminación en su desarrollo y en su carácter. Es producto de múltiples interrelaciones, interacciones e interferencias; del diálogo entre la necesidad y el azar, sin obediencia a un plan previo de desarrollo.

Lo decisivo son las totalidades vivientes en movimiento, como contenido real que, sin embargo, comprende diferentes *niveles* y *aspectos* mutuamente implicados. En toda sociedad existe una pluralidad de

fuerzas, núcleos, centros de energía e información, de saber y de poder, de decisión y acción. Son partes o momentos de la *totalidad*, que se mantiene como tal, no sólo por inercia, sino también como resultado de una actividad interna, homeostática. Ella suscita sus propias condiciones; sostiene el estado de equilibrio relativo que le permite ser un todo y hacer coexistir la fragmentación y la unidad.

Fuerzas y centros en relaciones conflictivas se ordenan y se integran en el conjunto social, mediante ubicaciones y jerarquizaciones cambiantes (de lo principal a lo subsidiario o subordinado y viceversa). Las totalidades vivientes en movimiento —parciales y globales— se dan formas, equilibrios, regulaciones y autorregulaciones, retroacciones, grados, funciones. Se organizan en estructuras y sistemas, modos de producción y formaciones sociales de estabilidad provisoria. Unas y otras son expresiones cristalizadas de una realidad compleja, conflictual y móvil, de procesos constituidos y movidos por contradicciones. Son parte de un devenir que las trabaja y modifica, pero se mantienen en el tiempo; actúan y reactúan; deben ser estudiadas en sí mismas y en sus interrelaciones, sin privilegiar ni absolutizar abusivamente ninguna de ellas en detrimento de las otras.

El análisis debe así enfocarse en formas, estructuras, funciones, sistemas, niveles de profundidad, consideradas como estratos, aspectos, enfoques de la realidad, en interrelación e interacción, partes de una totalidad móvil que las desborda y que el esfuerzo científico debe restituir. La realidad social es expresión de la integridad de fuerzas y actividades humanas, de estructuras y procesos que ellas generan y por las cuales, a su vez, son condicionadas o determinadas. Las estructuras sociales resumen la totalidad de los actores y procesos sociales, son definidas por éstos y, al mismo tiempo, los conforman y condicionan. El conjunto de actores, fuerzas, estructuras, funciones y procesos en una sociedad y época, son captables y analizables en y por sus distintos aspectos y niveles. Polos sistémicos, principios generadores, conjuntos, fenómenos y procesos, se definen además por su ubicación en el *espacio*, y por su duración en el *tiempo*.

A partir de este enfoque, la ciencia en sus interrelaciones con la sociedad y el desarrollo, con el Estado y el derecho, puede ser examinada englobando dos movimientos contradictorios pero entrelazados e interactuantes.¹⁰

10 Ver Bernard Barber y Walter Hirsch, editores, *The Sociology of Science*, New York-London, The Free Press-Collier-Macmillan, 1962; Barry Barnes, editor, *Sociology of Science*, London, Penguin Modern Sociology Readings, 1972; Hilary Rose-Steven Rose, *Science and Society*, Lon-

Por una parte, ciencia y técnica nunca son entidades totalmente autónomas, aisladas y estáticas, configuradas de una vez para siempre: no surgen ni se realizan exclusivamente por y para sí mismas. Se las debe captar y analizar como *prácticas colectivas*, en las condiciones de su producción, por parte del mundo real en cambio, marcadas por la sociedad en que se insertan y cuyos rasgos y conflictos reflejan e incorporan; en sus fines y actores; en sus mods de organización y funcionamiento, y en sus resultados. Se configuran como *actividades e instituciones sociales*, ligadas a las otras actividades e instituciones, en las que se anclan, con las que interactúan, y cuyos condicionamientos y determinaciones sufren.

Una constelación de fuerzas, actores, relaciones, estructuras, procesos —de tipo económico, social, cultural, ideológico, político, militar, nacionales e internacionales—, presentes y operantes en una sociedad y etapa dadas, contribuyen a condicionar o determinar:

- a) La emergencia, crecimiento y, eventualmente, decadencia, de la ciencia y la técnica;
- b) Los problemas, las demandas, los fines, las responsabilidades, los obstáculos, los recursos;
- c) Los caracteres, las actividades, los contenidos, los productos, los usos;
- d) La difusión, la receptividad, los efectos mayores sobre otros niveles y aspectos, de la sociedad global, y sobre ésta como un todo.

Las influencias sociales no condicionan ni determinan a la ciencia y a la técnica sólo desde su exterior, como cuadro exógeno. Las afectan también de manera directa y en considerable grado, en su constitución interna y en sus actividades inherentes.

Los factores económicos, sociales, culturales, ideológicos, políticos, tienen en *principio* un papel esencial respecto a la ciencia y la técnica; contribuyen a determinar su movimiento general, sus avances, sus estancamientos y retrocesos. Ciencia y técnica suelen tener una actuación menos motora que de aceleración o freno, respecto a sí mismas y al conjunto social; más que generar el cambio, lo catalizan. Su importan-

don, Pelican, 1970; (*Auto*) *critique de la science, textes réunis par Alain Jaubert et Jean-Marc Lévy-Leblond*, Paris, Seuil, 1973; Gérard Degré, *Science as a Social Institution*, New York, Random House, 1968.

cia, sin embargo, puede llegar a ser en determinadas circunstancias, realmente decisivas. Esta posibilidad introduce en el movimiento inverso.

Por otra parte, en efecto, la ciencia y la técnica constituyen un *fenómeno sociocultural complejo*, caracterizado por la discontinuidad histórica, la heterogeneidad, la dispersión, la difusividad de sus factores y resultados. Su condicionamiento y su determinación por la sociedad y sus principales subconjuntos, aunque efectivos, no son absolutos. La relación entre ambos órdenes no es de causalidad lineal y mecánica; no es de modo automático y unívoco; es más bien una relación de paralelismo y correspondencia, de ubicación en la misma “longitud de onda histórica” (Eric Hobsbawm).

Los fenómenos de la esfera científica no pueden ser referidos de modo simplista a los aspectos correspondientes de las esferas económica, social y política, ni ser considerados como meros ecos. Tampoco existe una armonización automática entre los distintos términos de tal relación.

Los seres humanos tienen *conductas finalizadas*, operan según *categorías teleológicas*. Condiciones similares pueden crear situaciones diferentes, desviaciones, emergencias. Los hombres determinan en alguna medida su propia evolución, a partir de su capacidad para crear su propio medio sociocultural y de elegir sus propios criterios de *supranormalidad* (rasgos por encima del promedio vigente que se busca favorecer), a través de una red de *feedbacks* positivos y amplificadores.

Así, ciencia y técnica resultan ser, a la vez, partes e indicadores del grado de desarrollo y de los rasgos definitorios de la economía, de la jerarquía social, de la cultura y las ideologías, de la instancia política y del Estado, de la sociedad y su inserción internacional. Al mismo tiempo, ciencia y técnica constituyen un aspecto y nivel con realidad, especificidad, autonomía, eficacia propias; con capacidad de retroacción sobre sí mismas y sobre los aspectos, niveles e instancias que actúan como condicionantes y determinantes externos a la esfera de aquéllas.

Ciencia y técnica pueden actuar sobre los otros niveles y aspectos de la sociedad y el desarrollo como factores de estructuración, de movimiento y cambio, de desestructuración y reestructuración. Nacidas en determinadas condiciones relativamente externas a ellas, una vez alcanzado cierto grado de madurez y dinamismo, y establecidas como generadoras de beneficios y poderes, la ciencia y la técnica pueden lograr contenidos y virtualidades que trascienden los motivos y mecanismos que las crearon y desarrollaron. Pueden introducirse en todas las esferas de la existencia, del pensamiento y de la práctica, y operar como factor influyente y a veces decisivo de la vida social. Pueden

suscitar cambios en las fuerzas productivas y en el quantum del excedente económico; en la jerarquía social; en la cultura y las ideologías; en todas las formas de organización, funcionamiento y conciencia; en el orden político y el Estado. En segunda retroacción, estos cambios pueden estimular nuevos avances de la ciencia y la técnica. Al contribuir al cambio en otros aspectos, la ciencia y la técnica siguen cambiando por sí mismas, y refuerzan el reconocimiento de su estatus y su prestigio, de su poder y sus posibilidades operativas.

Entre ciencia y técnica, y otros niveles de la sociedad, se da una *interdependencia estructural y funcional*, una *compleja red de interacciones*. Los cambios en un aspecto, nivel o instancia, influyen en los otros, en grados y con ritmos y direcciones variables, y en desarrollos sociohistóricos más amplios. Ello vuelve necesario el logro de un inventario detallado y de un análisis sistemático de las fuerzas y relaciones implicadas por el desarrollo científico y técnico al nivel de la sociedad global.

Para el análisis que se intenta, se presupone que ciencia y técnica, sociedad, desarrollo, Estado, derecho, son subconjuntos y subprocesos de la totalidad que se quiera considerar: país, región internacional, orden mundial. Cada subconjunto y subproceso se organiza con sus propios aspectos y niveles, actores, fuerzas, estructuras, funciones, actividades, procesos (económicos, sociales, culturales, políticos, militares, científicos y técnicos [...]), en apertura relativa y en perpetuo intercambio con el sistema global (sociedad nacional, economía mundial, sistema político interestatal o internacional) considerado como medio circundante general, y con los demás subconjuntos.

Se trata, como es obvio, de una división para fines analíticos, que no puede ni debe ignorar las interconexiones e interrelaciones, de esferas, aspectos y niveles, entre sí y con la totalidad. Tampoco se puede ignorar las ramificaciones mutuas, en cuya virtud las esferas que aparecen y son relativamente autónomas y afines en sí mismas, al mismo tiempo existen y operan en el interior de las demás, como insumos, componentes y medios de ellas por y para la otra.

4. EL SUBSISTEMA DE LA CIENCIA

Las definiciones de la ciencia y la técnica son dificultosas y quizás fútiles. La ciencia es una actividad antigua y cambiante, ligada a las otras actividades sociales, inseparable del proceso único e irrepetible de evolución sociohistórica. Las respuestas definitorias están condicionadas

INTRODUCCIÓN

27

por las épocas históricas y por los sistemas y grupos sociales. Cualquier definición sólo expresa uno o varios de los aspectos de la ciencia en alguna etapa de su desarrollo. La conceptualización sigue siendo embrionaria y vaga, a través de nociones imprecisas cuyo sentido varía de un autor a otro. Finalmente, pero no menos importante, ciencia pura o básica, ciencia aplicada, tecnologías, técnicas, actividades de desarrollo, configuran un continuo en el cual todas ellas interactúan de modo multívoco, y tienden cada vez más a interrelacionarse e incluso a confundirse, a constituirse en conjunto, como subsistema único dentro del sistema de la sociedad global. Por ello, en adelante se usa la palabra *ciencia* en el clásico significado *baconiano*, como expresión abreviada para ciencia y técnica, investigación y desarrollo, disciplinas físico-naturales y humano-sociales.

Se intentará de todos modos caracterizar por lo menos la técnica y la ciencia, y establecer entre ellas y dentro de ellas ciertas diferencias y gradaciones.

A. La técnica

Técnica, tecnología, ciencia, mutaciones y revoluciones industriales, científicas y técnicas, ¿corresponden a una lógica inherente a ellas mismas, o a una lógica económica, social, política...?

Para tratar de responder a estos y similares interrogantes, es conveniente el descarte de *enfoques tecnicistas*, que ven a la técnica como fin en sí mismo, con una lógica propia, y que cultivan las realizaciones técnicas por sí mismas.

La evolución real de las técnicas no se conforma con un patrón o modelo ideal de desarrollo, son que está sujeta a diversos tipos de influencias o interferencias sociales, culturales, económicas (los esquemas de líneas evolutivas ideales son útiles sólo para ubicar evoluciones concretas).

Es pertinente pensar la técnica en sus relaciones con la sociedad. Ésta crea la técnica y sus procesos de innovación, y una y otros inciden en la sociedad, la transforman y transfiguran.

Existen, sin embargo, dificultades de conceptualización, análisis, evaluación. Las primeras dificultades surgen ya a partir de la amplitud y diversificación de los conocimientos que se requiere abarcar. El mundo de la ciencia en el amplio sentido baconiano que se dijo, es mil veces más diverso que el abarcable por el cerebro más cultivado. El vocabulario tecnológico comprende 5.000.000 de palabras, o sea 100 veces mayor que el de una lengua usual. Un diccionario completo en la

materia comprende 50,000 palabras, vocabulario 10 veces mayor que el de los grandes autores.

A ello se agrega el hecho de que los conocimientos son interdependientes, de modo tal que no se puede examinar la técnica dominio por dominio o profesión por profesión. Su comprensión requiere una visión de conjunto, que no resulta de la mera yuxtaposición de visiones sectoriales. Las tentativas de lectura de la técnica a partir de enfoques disciplinarios específicos, tienen una eficacia propia, pero resultan parciales y contingentes; desemboca en la formación de clanes, tribus y camarilla. Unos y otras, poco comunicados entre sí, replegados y atrincherados en sus jergas y mutuamente hostiles, no se plantean la técnica como realidad y punto de partida para la creatividad, y se autolimitan en el dogmatismo, la repetitividad, el distanciamiento de la realidad.

La técnica es definida aquí como el conjunto de conocimientos empíricos (*Know why*) y de prácticas (*know how*), de objetos, de instrumentos, de herramientas, de máquinas, de formas y procedimientos, de habilidades requeridas, todos elaborados o transformados por los seres humanos, que se usan para obtener resultados determinados, para actuar sobre el mundo natura, para dominar y manipular a otros seres humanos, y para satisfacer necesidades (primarias o sofisticadas, sociales, grupales, individuales). La técnica combina el aprendizaje individual y la garantía social. Así entendida, la técnica es aplicación de la ciencia, pero su fin primordial es la producción y la práctica en general, no el conocimiento en sí mismo, como lo es, por lo menos en principio y hasta cierto punto, para la ciencia.

La especie humana y sus sociedades sobreviven, cambian y se desarrollan, a través de la invención y del mejoramiento de un equipo extracorporal, artificial y separable, que los hombres usan y abandonan a su voluntad, y mediante cuyo uso satisfacen sus necesidades fundamentales. Este equipo ha permitido a la especie humana actuar y reaccionar ante y sobre el medio ambiente natura, ajustarse a él y ajustarlo a sus necesidades, transformar al mundo y, al mismo tiempo y en el mismo proceso, hacerse y transformarse a sí misma.¹¹

11 Ver Sam Lilley, *Hombres, máquinas e historia*, Buenos Aires, Galatea-Nueva Visión, 1957; Frances Allen et al., *Technology and Social Change*, cit.; Nathan Rosenberg, editor, *The Economics of Technological Change*, Penguin Modern Economic Readings, 1972; Bernard Gille, *Histoire des Techniques*, Paris, Gallimard, N. R. F. Pléiade, 1978; R. J. Forber, *The Conquest of Nature-Technology and its Consequences*, New York, The New American Library, 1968; Jon Elster, *El cambio tecnológico-investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*, Barcelona, Gedisa Editorial, 1990.

INTRODUCCIÓN

29

La técnica representa una obra humana en la que confluyen todos los elementos de la naturaleza y de la sociedad. El instrumental en sentido amplio cristaliza, incrementa y prolonga la capacidad productiva de los humanos. Permite la adquisición, la conservación, el aumento cuantitativo y la mejora cualitativa de los elementos materiales y espirituales que se requieren para el sustento, a seguridad y el desarrollo de la sociedad y de quienes la componen.

Variable fundamental en el proceso de cambio de cualquier sociedad y de sus componentes, la técnica ejerce influencia en todos sus niveles y aspectos. No es, sin embargo, una variable absolutamente autónoma. La técnica tiene un carácter esencialmente humano y social. *Homo faber est homo socius*. Producto de una sociedad, la técnica es influida por todo lo que ocurre en ella. El examen del estado de la técnica desemboca en lo humano-social. “La esencia de la técnica no tiene nada de técnico” (Heidegger), es decir que la técnica no es más que una intermediaria entre el hombre y sí mismo.

Así, como destacan Hans Gerth y C. Wright Mills —a quienes se sigue en lo inmediatamente subsecuente—,

la *tecnología* se refiere a la mediación de la conducta a través de herramientas, aparatos, máquinas, instrumentos y métodos de todo tipo. Se refiere también a la destreza con la que las personas satisfacen las exigencias de su rol.¹²

La tecnología como esfera social nunca se determina completamente por sí misma, nunca es totalmente autónoma, ni se desarrolla totalmente por sí sola. Para ser parte de la historia, la tecnología tiene que estar *instituida*, o sea, debe comprender hombres en roles especializados) en distintos *órdenes institucionales*; debe estar principalmente anclada en un contexto social, en un orden institucional específico o en varios de ellos, que centran el uso y manejo de aquella, y estimulan y supervisan su producción y su distribución a otras instituciones. Los órdenes en que se ancla la tecnología determinan, por sus orientaciones y metas, cómo progresará aquella; qué aspectos de la invención y la innovación y de sus usos materiales serán adelantados, cuáles se retrasarán; qué roles y en qué órdenes se cumplirán con ayuda de tecnología, y cuáles no; qué efectos sociales tendrá la tecnología.

La esfera tecnológica de un orden institucional determina los niveles y tipos de habilidad requeridos para el desempeño de sus diversos roles. A medida que cambian la tecnología y los roles técnicos, también lo hacen las habilidades requeridas [...]

12 H. Gerth y C. Wright Mills, *Carácter y estructura social*, Buenos Aires, Paidós, 1963.

Son implicaciones sociales del cambio tecnológico, las siguientes:

A. La tecnología puede forzar la creación de nuevos roles y el abandono de otros dentro de una institución; también puede impulsar la institución de esferas educacionales para el entrenamiento de las personas en esos roles.

B. La tecnología puede determinar los criterios adecuados que se deben utilizar para la selección de las personas que desempeñarán los roles que ha impulsado o reformulado.

C. [...] la tecnología puede dividir un rol en dos o más roles, o forzar la convergencia de muchos roles complejos en un rol simplificado.

[...] En la especialización de roles está envuelta la especialidad de habilidades. [...] Los cambios tecnológicos eliminan y crean roles; [...] la introducción de nuevas técnicas puede eliminar instituciones enteras, con sus diversos roles [...]

Gerth y Mills insisten, con razón, que no existe “una relación causal automática entre la esfera tecnológica y cualquier orden institucional, y no hay una armonía automática entre las esferas tecnológicas de diferentes órdenes”. “[...] los cambios tecnológicos, comprendidos sociológicamente, pueden tener consecuencias muy complicadas [...] ninguna secuencia causal en una estructura social [...] es simple”.

Así, por una parte, “[...] las esferas tecnológicas no avanzan simplemente sobre la base del conocimiento disponible de las posibilidades técnicas, sino que las instituciones deben plantear demandas efectivas para la incorporación de las herramientas técnicas”. Muchos descubrimientos e innovaciones se hicieron por su utilidad en relación a determinadas demandas, pero en sí mismos fueron resultados de combinaciones juguetonas con el repertorio de tecnologías e ideas existentes. A ello se han agregado el influjo de un descubrimiento o invención sobre los científicos en otros campos de investigación, y la interacción interna entre artificios semiorganizados y las ideas de científicos y técnicos.

Dentro y fuera de sí, el continuo tecnológico es social, económica y moralmente ciego; [...] no tiene otra meta que permitir al hombre llevar a cabo los fines que tenga, con menos esfuerzo físico y en un tiempo más breve [...] Pero las instituciones no son ciegas. El “mercado” institucional de la ciencia toma los descubrimientos de ella en los diversos estadios de su proceso dinámico, y los traduce en mercancías, armas y herramientas [...] Frecuentemente hay un gran vacío institucional, [...] entre los descubrimientos científicos y sus usos público; a menudo las instituciones legales y económicas detienen esa transición “racional” y

aparentemente fácil [...] lo que es técnicamente eficiente y económicamente lucrativo no es, necesariamente, social racional. La ciencia no está automáticamente “al servicio de la humanidad” [...]

como lo demuestra ejemplarmente el desempleo tecnológico.

El lucro, la guerra, la restricción monopolista de invenciones y patentes congeladas, no establecen los fines de la ciencia y la técnica. En su interacción, las empresas y la ciencia y técnica se posibilitan mutuamente.

La necesidad o la utilidad —insisten Gerth y Mills— son la madre de las invenciones aplicables, pero la invención también es madre de la necesidad. No hay nada en la lógica o en el curso de la ciencia que imponga que sus resultados sean utilizados para algún fin en particular o en realidad que sean utilizados en general. Los puntos de crecimiento del continuo tecnológico pueden o no coincidir con los puntos de crecimiento de las demandas institucionales. Ambos cambian, se pasan mutuamente, coinciden por un momento, avanzan.

Por otra parte, en el sentido de los diferentes grados posibles de autonomía relativa de la tecnología respecto a sus condicionantes y determinantes sociales, “La persona puede llegar a vincularse tanto a los aspectos de especialización en sus roles, que sus sentimientos trascienden la función orientadora de la institución de la cual su rol es parte”. En los oficios y profesiones se internalizan normas, se adoptan y defienden códigos de ética y de estatus que mantienen altos los niveles de especialización. La habilidad en el oficio o profesión es también vinculada con la experiencia placentera de dominar la resistencia de los materiales, de resolver tareas autoimpuestas, como experiencia independiente de las opiniones de otros y de las reglas existentes.

De todas maneras, reafirman Gerth y Mills, si bien la esfera tecnológica tiene una dinámica propia, las posibilidades que los adelantos tecnológicos sean instituidos por determinadas instituciones no están determinadas por los premios que los establecimientos ponen a la incorporación de estos adelantos. La tecnología de un momento dado es condición necesaria para la dinámica técnica de un orden institucional, pero no causa suficiente para su aplicación. Se requiere además el reconocimiento como medio útil para los fines de ese orden (ejemplo Napoleón-Fulton).¹³

13 Ver Gerth y Mills, *Carácter y estructura social*, cit., pp. 48-49, 360-366.

Todo en la técnica se presenta como realización y encarnación de sueños arcaicos y posibilidades esperadas (vuelo, actividad submarina, ubicuidad, transformación de materia en energía, creación de seres artificiales...). Se plantea, sin embargo, el problema referente a la previsibilidad de las técnicas y sus transformaciones.

Las mutaciones técnicas se inscriben en grandes movimientos lentos, observables, previsibles. Los progresos en que se apoyan estas mutaciones, el origen, desarrollo y difusión de las innovaciones técnicas, se interrelacionan, por encima de sectores y disciplinas, mediante interacciones que *construyen una lógica* de sistema.¹⁴

En un periodo y en un espacio geográfico dados, la técnica configura un sistema global, de modo que todas las técnicas usadas en una sociedad y fase dadas son en diversos grados coherentes. La coherencia se da en lo técnico y en lo productivo, de modo que el nivel de rendimiento para una técnica debe corresponder al de otro nivel de la misma red o hilera. La idea de sistema técnico y de interacción entre técnicas ayuda a explicar los mecanismos y efectos de difusión del progreso técnico, pero también los de bloqueo. Una técnica puede retrasarse o no progresar respecto a los avances en otros dominios, y por consiguiente el sistema técnico debe mantenerse al nivel global de rendimiento permitido por la técnica de menos cumplimiento. La falta de progreso o el retraso de una técnica respecto a los avances en los dominios de otras, obliga al sistema técnico a mantenerse al nivel global de rendimiento permitido por la técnica menos cumplidora en la producción de resultados, y a avanzar al ritmo de aquélla. El nivel técnico global de un sistema esta menos determinado por el nivel de una técnica en particular, que por el del grupo de técnicas que funcionan en coherencia. La difusión o el bloqueo de porciones amplias del sistema técnico dependen de la importancia de la técnica de evolución más rígida.

El poder explicativo del enfoque por coherencia del sistema técnico se ve amplificado por la toma en consideración del ciclo de vida tecnológica. Las técnicas no tienen vida eterna ni progreso lineal; recorren fases de aparición, crecimiento, madurez, saturación, obsolescencia final...

14 Ver Jean-Claude Guédon, *Ce que nous apprend l'histoire des mutations technologiques*, y Smail Aït El Hadj, "Aux, origines des mutations technologiques", *Mutations technologiques et formations, Cahiers Français*, Paris, núm. 223, octubre-décembre 1985; a quienes se sigue en mucho del resto de esta sección.

Dadas la interacción entre las diferentes técnicas de una misma época y sociedad, y la interdependencia de sus progresos, cada componente de un conjunto técnico necesita, para su propio funcionamiento, de un número de productos de otros componentes del mismo conjunto (v. gr. relaciones entre materiales). Muchos productos necesitan la cooperación de varias tecnologías y ramas de actividad, ya sea sucesivamente (fases de elaboración), ya concomitantemente (adaptación recíproca, tanto cuantitativa como cualitativa). Todo progreso en una rama crea demandas en ramas complementarias, incita a la innovación y a la invención. Éstas desencadenan una capacidad excedente en la rama en la que se hacen, y la insuficiencia en otra u otras. La innovación se vuelve económicamente posible si se da un paso en otra rama.

La Revolución Industrial se ha caracterizado en sus tres grandes fases por la diversidad del progreso técnico dentro de la unidad del movimiento en la cual el cambio ha engendrado el cambio. Las intercedencias e interacciones traducen el carácter pluridisciplinario e intersectorial y la coherencia de los principales progresos.

En la óptica de la coherencia de los progresos, las mutaciones técnicas son rupturas que engendran desestabilizaciones. El regreso al equilibrio y la coherencia se hace después de cada progreso técnico importante, cuando éste ha tenido tiempo de difundirse y producir efectos en el conjunto del equilibrio industrial o económico general.

La difusión de aplicaciones se ha dado en casos clásicos, por ejemplo el del sector militar-espacial, cuando una solución técnica, concebida por un sector capaz de financiar investigaciones importantes, es adoptada en dominios cada vez menos dotados en recursos, en una extensión del mercado que, al alargar las series y aumentar las experiencias, reduce costos y amplía aún más las aplicaciones posibles.

En la difusión de soluciones y las transferencias laterales, el progreso técnico parece seguir dos ejes. En el primero, cada técnica evoluciona y se perfecciona, especialmente por la investigación. En el segundo, las aplicaciones de cada nueva técnica se difunden de sector en sector, a partir del dominio para o por el cual apareció el progreso en cuestión.

La coherencia del sistema técnico se logra y se manifiesta por la asimilación progresiva de los más recientes progresos técnicos y científicos, en cada sector, y a través de las *transferencias intersectoriales de soluciones técnicas*. La aceleración del progreso técnico de un tejido industrial y económico en general depende menos del esfuerzo de investigación que de la utilización concreta de nuevas soluciones, y de la difusión del último estado del arte, en todos los sectores capaces de

aprovecharlo, de modo que para cada problema se use la solución técnicamente más avanzada pero aceptable.

Dadas la interdependencia del sistema técnico, y la continua aparición de innovaciones, aquél evoluciona siempre, con rupturas y avances más o menos grandes. La difusión lateral toma tiempo, porque encuentra resistencia (económicas, culturales, humanas), incluso la subsistencia de zonas retardatarias, fuera de la coherencia y el equilibrio.

La insuficiencia o falta de competencia, en ciertas condiciones, impide el establecimiento del equilibrio, permite la coexistencia de instrumentos o productos de sistemas técnicos diferentes. Las barreras proteccionistas, la distancia y el costo del transporte, han cubierto diferencias de precios de costo. Esto ha sido así hasta el momento actual, en que inciden cada vez más la baja de costos de transporte, el avance de las telecomunicaciones, la competencia mundial, la consiguiente necesidad de concebir y producir mejor para enfrentar a los rivales y, por lo tanto, de adecuarse a la rapidez de los progresos técnicos y al ritmo acelerado de las innovaciones.

De todos modos, las transferencias de técnicas entre países (industrializados y en desarrollo) y entre sectores de la misma nación o región, se dificultan por el número e intensidad de resistencias y reticencias (humanas, económicas, sociales, culturales, políticas), sobre todo cuando el progreso de la innovación amenaza con cambiar demasiadas cosas. Algunos sistemas técnicos (precolombinos, África, Asia) se han mantenido estables o inmóviles durante mucho tiempo, hasta siglos. Los sistemas técnicos pasan de la estabilidad a la desestabilización, primero por los cambios en la difusión de los conocimientos, luego por la evolución casi simultánea de varios polos, especialmente los de los materiales, la energía, los fenómenos vivientes, el sentido y uso del tiempo.

La importancia de estos fenómenos y procesos de la *difusión lateral* ha sido largo tiempo desdeñada por el predominio de un *esquema lineal del progreso técnico*, que establece una filiación seriada y unidireccional, desde la investigación fundamental, pasando por la investigación aplicada, hasta la innovación. El conocimiento científico es útil, pero no siempre origina innovaciones. Así, por ejemplo, la máquina de vapor se desarrolla antes que la termodinámica, la metalurgia antes que la ciencia de los metales y aleaciones. El azar juega su parte. La técnica es el dominio de las soluciones de problemas concretos, que resultan buenas o malas según los resultados prácticos.

La innovación se distingue del descubrimiento y del invento. El *descubrimiento* evidencia una ley natural. La *innovación* tiene por objeto

INTRODUCCIÓN

35

un principio nuevo de funcionamiento, imaginado para lograr un objetivo. La *innovación* técnica aplica una idea nueva, la lleva a su realización concreta, productiva, industrial; hace converger lo técnicamente posible y lo socioeconómicamente deseado. Es innovador aquel que sabe revelar la potencialidad de la innovación; que es capaz de imaginar un resultado antes de descubrir el camino, y de disponer de medios conocidos pero no percibidos por otros.

No toda innovación tecnológicamente posible es socialmente deseable ni económicamente rentable. La innovación completa en productos y servicios requiere, para pasar del mero estado de formulación y experimentación, responder a verdaderos problemas y necesidades, incluso crear éstas, desplegar una política de oferta, y obtener la sanción favorable del mercado.

Se requiere siempre un mayor o menor tiempo para que la invención se vuelva innovación, y para que los progresos de ésta se difundan lo suficiente como para influir en la economía, para modificar el sistema técnico, y para que éste se vuelva homogéneo, para que la proliferación de las aplicaciones evidencie la interacción tecnología-sociedad.

Las grandes mutaciones en el sistema técnico repercuten horizontalmente sobre todos los sectores de la industria y de la economía. La progresión y la explotación de las innovaciones son aprovechadas y controladas por algunos actores. La difusión de las innovaciones depende en gran medida de las *relaciones de fuerzas* entre cada eslabón de la cadena que va del productor del insumo de base o del proveedor de materias primas hasta el usuario final, y por lo tanto de la competencia entre los actores ubicados en el “río arriba” y en el “río abajo”. La realización de un cambio técnico requiere la superioridad de sus desempeños económicos y técnicos, y la contribución al éxito de la estrategia de un actor económico que por ello lo promueve.

La *evolución de un sistema técnico* puede ser explicada o prevista por las *relaciones de fuerzas* en una *hilera vertical*, es decir, un conjunto de productores y distribuidores que contribuyen a la satisfacción de una misma función de la demanda final. Dentro de una hilera vertical opera la lógica de las relaciones de dominación fundada en la capacidad de control del mercado final y del ciclo de vida del producto. En cada sector, una innovación será aceptada, promovida o frenada en función de las relaciones de fuerza. En cada hilera vertical, diferentes participantes se benefician con capacidades estratégicas desiguales. La dominación de un actor económico sobre los otros se ejerce por medio de un número de poderes y prerrogativas: control de materiales, semiproductos, componentes; fijación del precio en el mercado final; determi-

nación del nivel de *stocks*; imputación de su financiamiento; competencia internacional de proveedores; selección de distribuidores...

Las *relaciones ciencia-técnica-industria* puede representarse como un *triángulo* cuyos lados son: las disciplinas científicas, las técnicas, los sectores profesionales. Cada técnica apela a la vez a un *saber hacer* más o menos empírico, y a un *saber que* más o menos científico. El progreso de una técnica requiere la combinación de competencias pluridisciplinarias (que los especialistas rara vez poseen al más alto nivel), y técnicas anexas y competitivas, lo que establece por adelantado límites al perfeccionamiento. La generalización del empleo de los avances de una técnica a todos los sectores susceptibles de explotarla, la coherencia del sistema técnico con el estado del arte de esa técnica, encuentran barreras. Cada sector se opone a la introducción de soluciones nuevas; opone la inercia de su experiencia. Se sigue investigando lo ya investigado en otra parte. Un análisis funcional y una gestión normativa parten de una necesidad y de una función a cumplir, para buscar técnicas que las satisfagan y resuelvan un problema.

La *liberación de los bloqueos sectoriales*, la capacidad de “pensar en o hacia un lado”, requieren el conocimiento del estado del arte, para saber que existe una solución y es trasponible. De allí la importancia de la cultura general pluridisciplinaria, no confinada a un sector profesional, vivificada y mantenida por una constante información. Los problemas industriales no corresponden a la competencia de una sola técnica; aquéllos pueden encontrar soluciones gracias a técnicas fuera de los dominios de competencia de la empresa. Se ejemplifica así la noción del sistema técnico, porque el progreso puede venir de otro lado.

Adquiere así importancia, bajo diferentes formas, la noción de *extrañeza*, de *desplazamiento*. A la fecundidad industrial, económica, científica, contribuyen los accidentes de la vida personal, profesional, nacional: los emigrados, despedidos, muy jóvenes, recién llegados a la especialidad. Los estudiantes de pasantía o práctica en empresas, que aún desconocen las coacciones de la cotidianeidad profesional, favorecen la penetración de nuevas técnicas y métodos en las empresas; cuestionan las prácticas rutinarias y las autoridades tradicionales. La situación y la vivencia de los viajes internacionales, de la participación en varias culturas y centros de intereses diversificados, la ubicación en una frontera entre dos espacios, sectores, actores, intereses, procesos, conflictos, experiencias, etcétera, inspiran para la transferencia de técnicas.

El análisis precedente permite una *reconsideración de la relación técnica-ciencia*, y la ubicación de la misma en el enfoque teórico y en el esquema metodológico que se adopta.

B. La ciencia

No siempre ni ineludiblemente ha requerido la técnica la concurrencia de la ciencia en sentido estricto. La práctica y la innovación han estado durante siglos y hasta milenios a cargo de trabajadores y artesanos, como parte de su vida cotidiana, sin servicio de la ciencia, a la que ignoran o menosprecian. Durante largo tiempo, las conquistas técnicas han debido poco o nada a la ciencia, que apenas penetra en el ámbito de la técnica. Gran parte del desarrollo milenario de la ciencia fue obra e grupos e individuos privilegiados, no productores, aislados de la práctica y sus motivaciones y exigencias, despreocupados por la aplicación concreta, la *verificación empírica* o la invención utilizable.¹⁵

La ciencia, sin embargo, está presente desde temprano en la historia de las sociedades. Aparece en estado larval, en la mente de pensadores aislados y en la actividad de grupos (sacerdotes, comerciantes, artesanos), bajo forma de instrumental, en la aplicación de principios abstractos para resultados restringidos, y con referencia a fines prácticos. El desarrollo histórico va perfilando una tendencia a la asociación y a la interacción creciente entre ciencia y técnica. La creación y el uso de instrumentos eficientes plantean problemas: suscitan curiosidades; exigen experimentos y soluciones; requieren destrezas controladas principios abstractos que tienden a estructurarse en teorías, y métodos científicos, su construcción sistemática y su verificación empírica.

Toda herramienta, todo instrumental, es al mismo tiempo que incorporación de ciencia en diversos grados, un producto social y la expresión de una tradición colectiva. Resume una larga serie de ensayos, errores, correcciones; experiencias realizadas, acumuladas, comparadas y racionalizadas por grupos humanos a través del tiempo. Ello se expresa y transmite a través de descripciones, prescripciones, fórmulas, de la imitación pero sobre todo del precepto, mediante el lenguaje, el pensamiento abstracto y la escritura. Estos medios de transmisión clasifican, discriminan, racionalizan las tradiciones, dejan amplio margen para la variación y el descubrimiento. Contribuyen así a entroncar la empírica pura con la investigación racional, la práctica con la ciencia.

15 Ver Gordon Childe, *What Happened in History*, Pelican Books, 1942, y *Los orígenes de la civilización*, México, Fondo de Cultura Económica, 1954; John D. Bernal, *Historia social de la ciencia*, 2 volúmenes, Barcelona, Península, 1967; Guy S. Métraux, François Crouzet, editors, *The Evolution of Science*, New York, Mentor Books, 1963; Gérard Degré, *Science as a Social Institution*, New York, Random House, 1968; Daniel J. Boorstin, *The Discoverers. A History of Man's Search to Know his World and Himself*, New York, Vintage Books, 1985.

Una plantea problemas y pide soluciones a la otra, que se interesa, se desarrolla y hace aportes que a su vez vuelven a impulsar a la primera.

La técnica deriva de la ciencia y se liga con ella. Pasa de la teoría a la producción, según las experiencias pasadas y la prueba de ideas nuevas. La técnica tiene la fuerza de su verificación por la tradición y sus logros acumulativos, pero la debilidad de los propios lastres y obstáculos para las transformaciones de la ciencia. La técnica es la reforma, la ciencia es la revolución, aunque en creciente complementariedad. Con el desarrollo histórico, las interacciones entre ambas aumentan en número, intensidad y complejidad. El continuo ciencia pura-ciencia aplicada-tecnologías (ciencias de las técnicas)-técnicas-desarrollo, en que los términos interactúan de modo multívoco, tiende cada vez más a constituirse y funcionar como sistema único que es a su vez subsistema dentro de la sociedad global y el entorno internacional.

Se define a la ciencia como conjunto de conocimientos ciertos y racionales, adquiridos y organizados metódicamente, sobre la naturaleza, la estructura y el funcionamiento del mundo natural y social, y sobre sus condiciones de existencia y modificación.

La ciencia es un fenómeno sociocultural total. No es fracción de los costos generales de producción, ni subproducto de otra actividad (v. gr., la educación). Es recurso cultural o capital intelectual que una sociedad decide afectar, en sí mismo y en sus productos y obras, en proporciones variables, a otros subsistemas, para ser utilizado por ellos de acuerdo con y en subordinación a fines específicos definidos por los intereses y valores dominantes del respectivo sistema. Las opciones en este dominio son formuladas y decididas, en última instancia, por el subsistema político que establece y reconoce los fines de la sociedad global en situaciones de incertidumbre. El carácter ideológico de las opciones y de sus respuestas, se refleja en los conceptos-clave, dominantes y actuantes en relación con y sobre la ciencia, en una sociedad y época dadas; v. gr. la opción entre autonomía nacional o dependencia externa, entre investigación fundamental y aplicada, o entre ciencias físico-naturales y humano-sociales.

La ciencia puede ser considerada bajo cuatro aspectos interconectados: como actividad, institución, método, y como factor-componente-resultado del desarrollo.¹⁶

16 Ver Ludovico Geymonat, *El pensamiento científico*, Buenos Aires, EUDEBA, 1961; Vladimir Kourganoff, *La recherche scientifique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1965; Every Schatzman, *Science et société*, Paris, Laffont, 1971.

INTRODUCCIÓN

Como actividad, definida por la sociedad y la cultura, y por ella misma y sus miembros, la ciencia está constituida por el descubrimiento, la sistematización, la elaboración, la justificación, la diseminación y la aplicación, de conocimientos genuinos que permiten controlar y usar fuerzas naturales y sociales. Es una elaboración consciente de la experiencia suministrada por los órganos sensoriales y motores del cuerpo a través de la praxis; una aplicación deliberada y social de procesos de aprendizaje, comunes a los animales superiores, modificada y sostenida además por el trabajo en cooperación y coordinada mediante el lenguaje.

El progreso acumulativo de la ciencia no la constituye en mera reunión de hechos, leyes, teorías y conocimientos. Se caracteriza por el constante descubrimiento de unos y otras que critican y destruyen parte de lo construido, por el crecimiento y el replanteo constante. El proceso científico tiene sus secuencias propias de descubrimientos e invenciones (cadenas de descubrimientos sucesivos que desembocan en uno crucial que abre nuevos sectores científicos; acercamiento e interfertilización de disciplinas antes separadas, incluso nacimiento de nuevas ramas). La tendencia creciente es al entrelazamiento de descubrimientos e invenciones, representado por imágenes de pirámides, árbol, red.

Como institución, la ciencia es un grupo organizado o un colectivo de personas con relaciones determinadas, para el desempeño de tareas sociales específicas, profesionalizadas y separadas de las ocupaciones comunes, sometidas a largo periodo de aprendizaje, y que comparten lenguajes, métodos y técnicas especiales. Tiende, además, a ser un orden institucional, ramificado y anclado en el contexto de otros órdenes institucionales (*v. gr.* económico, social, cultural, ideológico, político, militar, etcétera), que contribuyen a estimular y supervisar su producción, distribución y us, de acuerdo a sus propios fines, orientaciones y demandas.

Como método, la ciencia es un conjunto de operaciones de carácter intelectual y manual-material, útiles para formular cuestiones que parezcan más perentorias y relevantes en cada fase, y para hallar respuestas auténticas, probadas y aplicables. Ello abarca: la observación de objetos y relaciones; la clasificación y medición; la experimentación y sus resultados; el instrumental material (aparatos que amplían y precisan la percepción sensorial y la manipulación motora); el instrumental mental (lenguajes, conceptos, símbolos); leyes, principios hipótesis, tareas, etcétera.