

Los fundamentos de las ciencias del hombre

Ciencia, tecnología y sociedad

Cambio tecnológico y desarrollo

Notas preliminares para una revisión del tema

Este texto se basa en tres supuestos. En primer lugar, que a América Latina le urge encontrar caminos para un nuevo desarrollo. En segundo lugar, que las estrategias para el desarrollo que inspiraron grandes esfuerzos en un pasado cercano han perdido vigencia. En tercer lugar, que la decadencia del pensamiento sobre el desarrollo tiene mucho que ver con los cambios tecnológicos de las últimas décadas, y no será superada sin una profunda revisión de las relaciones entre ambas cuestiones. Tales preocupaciones mayores alimentan un objetivo menor: ofrecer elementos introductorios para una revisión del tema a quienes deseen aproximarse a él.

Para ello, en la primera parte, presentamos una esquemática visión de las relaciones entre ciencia, tecnología y producción, en la perspectiva de dos siglos de desarrollo industrial. En la segunda parte nos ocupamos de ciertos “desafíos de la innovación” en nuestra época, vistos como algunos de los problemas centrales a encarar por el pensamiento sobre el desarrollo. En una conclusión necesariamente provisional y abreviada, anotamos algunas cuestiones que deberían figurar en la agenda de trabajos futuros, y adelantamos al respecto ciertas opiniones, presumiblemente controvertibles.

Primera parte:

Una mirada a la historia

En esta primera parte se aspira a dibujar un cierto marco de referencia para la discusión en torno a las dimensiones de los cambios técnicos del presente y a sus implicaciones para los países periféricos. Parece conveniente ubicar estas cuestiones en el contexto de la inmersa transformación desencadenada hace ya más de dos siglos: “Con la Revolución Industrial se inició un proceso acumulativo de avance tecnológico autoalimentado cuyas repercusiones se harían sentir en todos los aspectos de la vida económica. Ello señala un punto de viraje en la evolución de la Humanidad —el inglés de 1750 estaba más cercano a los legionarios de César, en términos de bienes materiales, que a sus propios biznietos— a partir del cual el binomio “Ciencia y Tecnología” empieza a desempeñar un papel rápidamente creciente, pero también cambiante, en la dinámica de la producción y de la sociedad. Captar esa tendencia profunda con alguna perspectiva histórica debería ayudarnos a comprender mejor los alcances de las mutaciones que nos tocan vivir.

A pesar de lo vasto de semejante temática, lo que sigue tiene pretensiones modestas: será una síntesis comentada de una cierta lectura de algunas obras fundamentales. El texto está organizado como una sinopsis del período que transcurre desde la aurora de la Revolución Industrial hasta que se conforma el patrón de relaciones entre ciencia, tecnología y producción que ha caracterizado a nuestra época, al menos hasta la década de 1960, que puede quizá ser vista como un momento de apogeo de la industrialización como la víspera de una grande e inesperada etapa de mutaciones, en la cual es inscribe una profunda crisis y hasta una nueva revolución tecnológica.

1a. En torno a los orígenes de la Industrialización:

“En el siglo XVIII, una serie de eventos transformaron la manufactura de algodón en Inglaterra y dieron lugar a un nuevo modo de producción —el sistema fabril—. En esa y en otras ramas de la industria, capacidades y esfuerzos humanos fueron sustituidos por máquinas, y fuentes de energía animal por energía mecánica, cambios que constituyen la Revolución Industrial.

Durante la prolongada evolución de la humanidad que precedió a esta revolución, los crecimientos de la producción terminaban siempre consumidos por los consiguientes aumentos de la población, mientras que, a partir de tales cambios, se inició un proceso autosostenido de innovación tecnológica y de crecimiento, tanto de la productividad como de la inversión; que desbordó todas las trabas de índole maltusiana.

La historia inicial del sistema fabril se vio grandemente condicionada por la rama industrial en la que surgió: “La Revolución Industrial no tuvo sus orígenes en el desarrollo de la industria pesada y el transporte; éstos deben buscarse más bien el desarrollo de la principal industria del país Inglaterra, como de todos los de la época: la textil. A medida que crecía la demanda interior y exterior de tejidos, los viejos comercios y la industria artesana del sur de Inglaterra no podrían crecer al ritmo necesario para satisfacerla. Hacia 1750 la industria empezó a disponer de una nueva fibra: el algodón. Los tejidos de algodón se importaban de la India; cuando se prohibió la importación, a instancias de los industriales textiles, fue necesario producirlos en el país. El algodón “exigía nuevas técnicas y no estaba ligado por las viejas tradiciones de la lana, en seguida la demanda de tejidos de algodón superó la capacidad de los telares movidos a mano”. Así, la industria algodonera llegó a ofrecer un campo ilimitado para la maquinaria sustitutiva de mano de obra. Los grandes inventos —el torno de hilar de Hargreaves en 1764, el telar hidráulico de Arkwright en 1769, y la tejedora

de Crompton en 1779— abrieron la primera brecha en las viejas técnicas manuales, primero multiplicando la acción de la mano y luego utilizando la energía en los procesos primarios del hilado. La producción relativamente enorme de esas máquinas hizo que se emplearan a tan gran escala que la capacidad de los pequeños ríos próximos a las fábricas acabó por agotarse; en 1785 se dio el último paso lógico, adoptándose la máquina de vapor de Watt para mover los telares.

Esta revolución "pronto se propagó a otras ramas con el telar mecánico de Cartwright, en 1785, abarcando la fabricación de tejidos de lana y lino".

No estamos, por cierto, en condiciones de adentrarnos en el tan apasionante como complejo problema de por qué la Revolución Industrial se inició en Europa Occidental y, más específicamente, en Inglaterra. Algunos de sus aspectos son, empero, fundamentales para lo que nos ocupa, pues focalizan la atención en ciertos factores de importancia recurrente y relevante en el desarrollo técnico-productivo.

Una de ellos tiene que ver con los condicionamientos que el marco político e ideológico establece para la investigación científica y para la difusión de sus resultados al nivel de las actividades económicas. Los aspectos que destacan las citas siguientes encuentran notables paralelismos en grandes fenómenos de nuestra época. Dice Landes: "los logros de la ciencia musulmana fueron sustanciales, y fue a partir de las traducciones de los árabes que los clásicos de la ciencia griega se transmitieron a la Europa de finales de la Edad Media. En aquellos días, Europa era el país atrasado y el Islam el exportador de conocimiento avanzado. ¿Cuál fue la causa de que la ciencia musulmana vegetase al tiempo que la ciencia occidental despertaba? ¿Y por qué no se transmitió el conocimiento en dirección contraria cuando el balance de realizaciones cambió de signo?".

Parte de las respuestas tienen que ver con la relativa dispersión de los centros de poder político e ideológico:

La creatividad pragmática de la ciencia europea, así como la vitalidad de las comunidades de negociantes europeos, está vinculada a la separación entre lo espiritual y lo temporal y a la fragmentación del poder dentro de cada uno de estos ámbitos. Gracias a la revuelta protestante, en Europa no pudo existir ninguna ortodoxia perentoria, como la Shari'a del Islam.

Además. "... la ciencia y la tecnología europea obtuvieron ventajas considerables del hecho que el Continente estuviese dividido en estados-nación, en vez de estar unido bajo la administración de un imperio económico".

Con respecto al foco original de la industrialización: "parece claro aunque no es fácil de demostrar, que en la Gran Bretaña del siglo XVIII existía un nivel de capacidad técnica y un interés en máquinas y "artefactos" muy superior al de otros países de Europa. Esto no debe confundirse con conocimiento científico a pesar de los muchos esfuerzos por relacionar la Revolución Industrial con la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, esta relación parece haber sido muy difusa: ambas eran reflejo de un gran interés por los fenómenos naturales y materiales y de la aplicación cada vez más sistemática de la investigación empírica. Si acaso fue el progreso del conocimiento científico quien le debió mucho a los enfoques y a los logros de la tecnología, pero el flujo de ideas o métodos en la otra dirección fue mucho menor, y continuaría siéndolo hasta bien entrado el siglo XIX.

Este papel de la ciencia en la industrialización, inicialmente subordinado y hasta marginal pero creciente, lo ilustra bien la evolución de la metalurgia, rama fundamental tanto para la iniciación del proceso como para su pasaje de una etapa a otra: "La manufactura del hierro era esencialmente una forma de arte culinario —exigía intuición acerca de los ingredientes, un sentido muy agudo de la proporción, tener cierto "instinto" sobre cuánto tiempo debía pasar el cocido al fuego—. Los herreros no sabían por qué ciertas cosas funcionaban y otras no; ni les importaba. No fue hasta mediados del siglo XIX que los científicos lograron un conocimiento suficiente del proceso de transformación del mineral en metal para poder servir de guías hacia el desarrollo de técnicas racionales y de medidas de la eficiencia de los procesos.

Volviendo al periodo de los orígenes, y a esa vocación técnica que habría caracterizado a la Inglaterra de entonces, se podría tal vez hablar de la difusión de una actitud innovadora a nivel de la práctica productiva, basada primordialmente en una vocación por la experimentación pero también en el amplio uso de los elementos básicos del conocimiento científico disponible a nivel masivo. La cuestión, por cierto cardinal, justifica una cita extensa pero elocuente. Ciertas investigaciones presentan una imagen impresionante de la energía con que en Lancashire se movilizó y promovió la capacidad técnica en la segunda mitad del siglo XVIII —importando artesanos de lugares tan lejanos como Londres y Escocia y capitalizando sobre su propia tradición muy fuerte de mano de obra especializada, para convertir carpinteros en constructores de molinos y torneros, herreros en fundidores, relojeros en modeladores y constructores en mecánicos—. Aún más impresionante resulta el conocimiento teórico de esos hombres. No eran, en conjunto, unos hojalateros ignorantes, como suele presentarles la mitología histórica. Incluso un constructor de molinos ordinario solía ser "un aritmético aceptable, sabía algo de geometría, nivelación y medición, y, en algunos casos, poseía conocimientos muy completos sobre matemáticas aplicadas. Sabían calcular las velocidades, la resistencia y la fuerza de una máquina: sabían dibujar planos y secciones. Muchos de estos "conocimientos superiores y capacidad intelectual" reflejaban la abundancia de medios para la educación técnica que se daban en "pueblos" como Manchester durante este periodo, y que comprendían desde las academias de Disidentes y de las sociedades ilustradas hasta la presencia de

conferenciantes locales o invitados, escuelas privadas de "matemáticas y comercio" con clases por las tardes, y una circulación muy amplia de manuales, periódicos y enciclopedias prácticas.

Lo que así se dibuja es el fenómeno de difusión de una cultura técnica, ligada al surgimiento de ámbitos sociales originales, donde se encuentran actores distintos pero cuyo común interés en la tecnología los impulsa a construir canales de comunicación capaces de superar las vallas de los códigos sectoriales: "Más que en el siglo XIX, fue en este periodo cuando los manufactureros, los científicos y los nuevos ingenieros se mezclaron en su trabajo y en la vida social. Se casaban entre sí, conversaban sin cesar, experimentaban o se asociaban para nuevos proyectos. Esta combinación de ciencia y manufactura sólo se encontró en Inglaterra a finales del siglo XVIII. Su existencia caracteriza un periodo de equilibrio dinámico entre la ciencia y la técnica, una transición entre un periodo en que la ciencia tenía más cosas que aprender de la industria que para enseñarle, y otro en el que la industria llegarla a basarse casi completamente en la ciencia.

Esta interacción multifacética coadyuvó a dotar de cierta base científica a los productores más innovadores —la que constituyó probablemente el aspecto principal de la contribución, por entonces relativamente menor de la ciencia al avance de la técnica— y, a su vez, canalizó hacia la ciencia una creciente "demanda" por soluciones a problemas varios, proceso mayor tanto para el desarrollo de la investigación como, a la larga, para su conversión en herramienta fundamental de la producción. Aunque en sus primeros estadios los cambios técnicos que respondían a las necesidades económicas podían tener lugar sin intervención de la ciencia, ocurría con frecuencia que el mismo desarrollo de las tendencias existentes conducía a dificultades imprevistas que únicamente podían superarse recurriendo a la ciencia.

Ahora bien, la mera existencia de una "demanda" —en este terreno al menos— no suscita de por sí la "oferta" correspondiente: otras condiciones adicionales deben verificarse, entre las que conviene destacar la existencia de canales de comunicación entre quienes necesitaban cierto tipo de soluciones y quienes pueden elaborarlas. Los comentarios de Bernal acerca de las vinculaciones, en el trabajo y en la vida social, entre "manufactureros, científicos y nuevos ingenieros" esbozan esa comunicación en la Inglaterra de la que surgió la Revolución Industrial. Se trata, en definitiva, de un proceso de aprendizaje vivido por actores diversos a través de su interacción, en la producción y también fuera de ella, la que potencia sus respectivas capacidades para la innovación.

Desde este punto de vista, la argumentación que presenta Landes lleva a una conclusión cuya importancia no sabría ser exagerada: existen buenas razones para creer que hasta hace muy poco los economistas y los historiadores económicos tendían a exagerar la importancia de la formación de capital como motor del cambio económico. Las investigaciones más recientes han puesto en claro que los incrementos de capital son responsables sólo de una pequeña fracción del aumento en la producción agregada y que, de hecho, las contribuciones globales debidas a los factores de producción tradicionales —tierra, trabajo y capital— representan sólo un papel secundario en el conjunto del proceso.

¿De dónde provenían entonces dichos incrementos? Parece ser que se debían a la calidad de los factores —a una mayor productividad de las nuevas técnicas y a una mayor capacidad y experiencia por parte de empresarios y obreros—. Y en esto, la Gran Bretaña de la Revolución Industrial gozaba de grandes ventajas.

Los cambios técnico-productivos contemporáneos han focalizado la atención en "la calidad de los factores" más bien que en su cantidad; Landes nos dice que la misma fue decisiva para los comienzos mismos del proceso industrializador. Y tal vez su importancia no haya hecho otra cosa que crecer desde entonces. O puede que sea más correcto decir que la productividad de tecnologías nuevas, la experiencia de los diversos grupos de productores y su capacidad para innovar son factores cuya centralidad resurge y aumenta en cada salto adelante de lo que ha sido sin duda un proceso globalmente ascendente, pero discontinuo, contradictorio y conflictivo.

1b. La revolución de la energía

Conviene subrayar la conexión entre "maquinización" y nuevas fuentes de energía: "El desarrollo de una industria mecanizada, concentrada en grandes unidades de producción hubiera sido imposible sin una fuente de energía mayor que la que podían proporcionar la fuerza humana y la animal, e Independiente de las velocidades de la naturaleza. La solución la proporcionó un nuevo convertidor de energía —la máquina de vapor, y la explotación a una escala tremenda de un combustible antiguo—: el carbón.

Enseña Cipolla que "todo comenzó con el vapor". Desde cierto ángulo, la Revolución Industrial puede ser vista como la Revolución de la Energía.

La máquina de vapor es el símbolo adecuado de esta Revolución. Su evolución ilustra con elocuencia sus tendencias profundas, particularmente las que tienen que ver con las cambiantes relaciones entre ciencia, tecnología e innovación.

A lo largo del siglo XVII, la idea de "elevar el agua por medio del fuego" fascinó a todos los inventores. De Caus resolvió el problema colocando "un hornillo bajo un recipiente casi vacío de agua, conectado a un pozo mediante un tubo; cuando el agua hervía y el recipiente se llenaba de vapor, retiraba el fuego y cerraba el respiradero, con lo que casi conseguía llenar de agua la vasija por la succión producida", pero no era ésta una máquina práctica. La primera que

además de funcionar amortizaba su costo fue introducida por Newcomen, en 1712, usando "un pistón abatido por el vapor condensado en un cilindro conectado directamente a una caldera de baja presión". Ahora bien: "Es dudoso que la idea de la bomba de vacío se le hubiera podido ocurrir a un mecánico, al menos antes que a un científico; por otra parte, ningún científico hubiera podido resolver los problemas no menos importantes planteados por la construcción de una máquina capaz de funcionar realmente". La máquina de Newcomen tenía un funcionamiento demasiado irregular como para usarla en otra cosa que el bombeo o como fuelle, y consumía muchísimo carbón. El gran salto adelante fue obra de Watt, quien "consiguió una máquina capaz de mover a otras con una velocidad uniforme incluso aunque se tratara de resistencias muy variables". Hasta entonces, el uso de la máquina de vapor estaba prácticamente limitado al desagüe de las minas de hulla, donde el carbón era muy barato, mientras que la máquina de Watt, más barata y eficiente, pudo ser usada en la metalurgia pesada, más tarde en la industria textil y luego en las más diversas actividades. Si casi todas las mejoras de esta máquina fueron aportadas por ingenieros prácticos y sin ninguna contribución notable de la ciencia, el estudio científico de su funcionamiento hizo surgir una concepción que engloba naturalmente al trabajo mecánico y al calor en la categoría energía, abriendo así el camino para avances fundamentales: "El principio de conservación de la energía fue el descubrimiento físico de mayor importancia de mediados del siglo XIX permitió relacionar muchas disciplinas hasta entonces separadas (en particular, las nuevas teorías del calor con las más antiguas de la mecánica). Y representaba muy bien las tendencias de la época. La energía se convirtió en el punto de concurrencia de las diversas ramas de la física. Toda la actividad humana —la industria, el transporte, el alumbrado, y en último término la alimentación y la propia vida— pasaban a definirse a partir de un término común: energía.

Este papel central de la energía, tanto en el despliegue de la Revolución Industrial como en lo que tiene que ver con sus repercusiones sociales y culturales, debe ser tenido muy especialmente en cuenta a la hora de caracterizar la presente ola de cambios técnico-productivos.

1c. Surgimiento del sistema fabril

Las máquinas y las técnicas por sí solas no hacen la Revolución Industrial. Supusieron mejoras en la productividad y un desplazamiento de la importancia relativa del factor de producción trabajo en favor del capital. Pero por revolución entendemos también, además del cambio de medios de producción, la transformación de su organización. En particular, nos referimos al agrupamiento de grandes masas de obreros en un mismo lugar, con el propósito de que realicen sus tareas bajo supervisión y disciplina; en pocas palabras, estamos hablando de lo que se ha venido a llamar el sistema industrial.

La cita plantea otra de las cuestiones que apenas si podemos rozar —dadas sus dimensiones y complejidad— pero que no cabe ignorar, pues esboza puntos de referencia centrales para calibrar la envergadura de las transformaciones del presente, sus impactos presuntos en la sociedad y, específicamente, en las perspectivas de desarrollo de los países periféricos, tanto las que abre como las que cierra.

En efecto, la Revolución Industrial supuso una revolución con mayúscula porque aparejó cambios mayores e inextricablemente entrelazados en las técnicas productivas, en la organización social de la producción y en las condiciones mismas de trabajo. El surgimiento de la fábrica textil, y del proletariado disciplinado sin miramientos que la hacía funcionar. resume ese proceso, uno y triple.

Desde ese foco irradiaron las mutaciones que, andando el tiempo, habrían de generar las relaciones sociales de producción que podemos considerar características del siglo que se nos va como resultado de las mejoras tecnológicas, las empresas cuyo ritmo venía marcado por el hombre se orientaron hacia el mismo tipo de precisión y regularidad que caracterizaba al hilado y al tejido. En las industrias del hierro y del acero, tanto el taller de laminado como el martinete de vapor y los procedimientos de transporte más eficaces facilitaron la orientación en esta dirección; y en el conjunto de la industria metalúrgica, el desarrollo de máquinas-herramientas para propósitos especiales y la mayor precisión de las piezas condujo hasta las cadenas de montaje del siglo XX.

Por otra parte, la problemática del desarrollo exige tener muy en cuenta las diferencias entre invención e innovación. Se trata de procesos que no sólo no son idénticos sino que ni siquiera están automáticamente conectados; la realización del uno no garantiza la del otro, como ha llegado a descubrirlo la moderna política para la ciencia y la tecnología, uno de cuyos capítulos centrales es el de los puentes entre "invención" científico-técnica, por un lado, e "innovación" económico-productiva, por otro.

Pues bien, la fábrica reflejaba la orientación tecnológica implícita en la concentración de la producción. En contraposición al sistema de producción doméstico, en que el empresario era ante todo un vendedor, un comercializador de bienes producidos por otros según métodos poco orientados hacia la satisfacción de las necesidades y oportunidades del mercado, la fábrica ponía énfasis sobre la producción: su propietario era ante todo y fundamentalmente un hombre que producía, capaz, dentro de márgenes bastante amplios, de cambiar a voluntad las técnicas y condiciones de

trabajo. Resultado de ello fue que el estado de la técnica se hizo más sensible que nunca ante las oportunidades económicas. Las presiones en favor de las innovaciones, inherentes por naturaleza a la nueva tecnología —con sus cálculos de eficiencia, su sistematización de la investigación empírica, sus conexiones implícitas y crecientes con un cuerpo cada vez mayor de teorías científicas— se vieron reforzadas enormemente con ello. La fábrica constituyó un nuevo puente entre invención e innovación.

A la hora de discutir si al presente asistimos a una nueva Revolución Tecnológica, corresponderá analizar si, desde ese punto de vista, la fábrica no está siendo sustituida por un conjunto de nuevos puentes entre invención e innovación, los que se construyen en ese proceso actualmente tan estudiado de relacionamiento entre la academia y el sector productivo, donde está surgiendo quizás, en paralelo con otros desarrollos como el del trabajo a distancia, la "nueva fábrica".

1d. Difusión de la industrialización, estado y dependencia

La Revolución Industrial se desarrolló en la Europa continental con mayor lentitud que en Inglaterra. Su difusión configuró un proceso grandemente influido, de manera por cierto múltiple y compleja, por lo que acontecía en el país que, según Marx, servía a los demás de espejo de su propio futuro. Con tal proceso se vinculan ciertas cuestiones de máxima actualidad. Entre ellas: las causas del retraso técnico-productivo, las estrategias destinadas a enfrentarlo, la irradiación de los avances tecnológicos, las diferentes trayectorias nacionales de la Industrialización.

En esta sección consignaremos ciertas observaciones sobre los papeles desempeñados por la educación y la investigación científica en la situación diferencial de los países de Europa Occidental respecto a Inglaterra, en sus esfuerzos por emularla y en la configuración de un tipo de desarrollo comparable pero no idéntico, que con el transcurso del tiempo desplazaría del primer lugar a la nación donde la nueva época viera la luz.

Conviene empezar por destacar que las ventajas inglesas iniciales no radicarón en el nivel de la investigación o de la enseñanza superior: "Los países continentales formaban parte de una misma civilización común con Gran Bretaña, y se encontraban en un plano de igualdad, o en algunos aspectos superior, respecto a la ciencia y a la educación de las élites". Desde este punto de vista recordemos lo anotado en una sección precedente, según lo cual cabe suponer que una de las principales causas del adelanto de Inglaterra fue la educación técnica de calidad que poseía una fracción comparativamente alta de su población.

Ello, a su vez, tiene que ver no sólo con el surgimiento sino con la difusión de las innovaciones. En efecto, ¿por qué los notables adelantos que surgían en la isla no se trasladaban rápidamente al continente? Desde luego, las tareas más difíciles parece que hubiesen tenido que ser las iniciativas creadoras originales que condujeron a la fundición de coque, el huso mecánico y la máquina de vapor. En vista de la superioridad económica enorme de estos inventos sería razonable pensar que el resto hubiera tenido que adoptarlas automáticamente. Entender las razones por las cuales esto no fue así —por qué incluso los países más activos se retrasaron hasta la tercera o cuarta década del siglo XIX— es entender no sólo una buena parte de la historia de estos países sino también parte del problema del desarrollo económico en general.

Seguramente no hay demasiadas cuestiones históricas que tengan mayor importancia actual que ésta para un país periférico.

Pues bien, la mayor dificultad parece haber sido la falta de conocimientos técnicos. ya que "la industria continental necesitaba mecánicos tanto como máquinas". No fue fácil importar ni éstas ni aquéllos, entre otras razones por algunas que mucho dicen sobre el liberalismo de los países centrales, particularmente en las instancias fundacionales: "La emigración de artesanos ingleses estuvo prohibida hasta 1825: la exportación de los tipos de maquinaria considerados más valiosos —en particular los principales inventos textiles, sus piezas y planos— hasta 1842".

¿Cómo fue superando Europa continental su dependencia tecnológica? La creciente independencia tecnológica del continente fue en gran parte el resultado de la transmisión de conocimientos sobre una base individual, en el propio lugar de trabajo. De menos importancia inmediata, aunque de mayores consecuencias. a largo plazo, fue el aprendizaje formal de mecánicos e ingenieros en escuelas técnicas.

La educación fue vista como una poderosa palanca para la recuperación del tiempo perdido, sobre todo en Alemania. Allí y en Francia, principalmente, se estructuró una gama de escuelas técnicas, destinadas a cubrir desde los niveles básicos hasta los más avanzados.

Y en este terreno fue donde más se destacó el accionar estatal deliberadamente orientado a superar la dependencia tecnológica, nuevo rol del Estado que la Revolución Industrial trajo al primer plano del escenario a poco de iniciado su camino.

En efecto: "Los costes iniciales eran demasiado altos y los beneficios monetarios demasiado distantes para que la empresa privada hiciera algo más que dar su bendición y su apoyo a aquellas escuelas de nivel más elemental cuyos cursos cortos estaban encaminados a preparar para entrar directamente en las fábricas. Sólo el gobierno podía responsabilizarse de mandar funcionarios en costosos viajes de inspección a lugares tan lejanos como los Estados

Unidos; facilitar los edificios y materiales necesarios; alimentar, vestir, alojar y en algunos casos pagar a los estudiantes durante años.”.

Por cierto, el sistema institucional orientado a la introducción y difusión de las nuevas tecnologías no se componía sólo de establecimientos educativos, sino que incluía otro tipo de instituciones, como las academias sin finalidad docente y los museos, así como esos eventos de enorme importancia que fueron las exposiciones. Y, por supuesto, múltiples eran las formas de la promoción estatal al desarrollo tecnológico: el gobierno proporcionaba orientación y asistencia técnica, concedía subvenciones a los inventores y a los empresarios inmigrantes, repartía regalos en forma de maquinaria y concedía rebajas y exenciones de impuestos sobre las importaciones de equipo industrial. Algunas de estas disposiciones representaban simplemente una continuidad con el pasado —herencia de la fuerte tradición de interés directo en el desarrollo económico por parte del estado—. Gran parte de estas políticas, sobre todo en Alemania, eran síntomas del deseo apasionado por organizar y acelerar el proceso de recuperación del tiempo perdido.

Las políticas en cuestión alcanzaron éxitos notables y perdurables, como lo evidencia el lugar de vanguardia que Alemania alcanzó en la carrera de la industrialización, durante la segunda mitad del siglo XIX, y el papel relevante que desde entonces ha mantenido en lo que tiene que ver con el cambio técnico. Tal experiencia constituye pues una referencia ineludible en el estudio de las políticas públicas para el desarrollo. Es pues éste un lugar adecuado para una primera reflexión en torno a las relaciones entre el accionar estatal y el desarrollo técnico-productivo.

Nos aproximaremos a la cuestión contrastando lo que se acaba de decir acerca del papel del Estado europeo del siglo XIX con la comparativa debilidad del Estado en la Europa preindustrial, que precisamente puede considerarse como una de las causas de que allí surgiera la Revolución Industrial. Al respecto dice Landes: “el ámbito de la actividad económica privada en Europa Occidental era muy superior al del resto del mundo y fue creciendo a medida que la economía se expandía y abría nuevas áreas de actividad que no estaban sujetas a trabas impuestas por la ley o la costumbre. La tendencia se reforzaba a sí misma: las economías más libres crecían más rápidamente. Esto no quiere decir que el control o la empresa estatal sean intrínsecamente inferiores a la actividad privada, sino, simplemente, que, dado el nivel de conocimientos de la Europa preindustrial, el sector privado estaba en mejor situación para juzgar las distintas oportunidades económicas y asignar los recursos en forma eficiente. Aún más importante quizás fuera el impulso que de este modo recibía la innovación: en una época en que la naturaleza y la dirección más adecuadas para el avance tecnológico eran mucho menos claras que en la actualidad, la multiplicidad de fuentes de creatividad ofrecían una ventaja fundamental. A mayor número de personas que buscaran nuevos modos de hacer mejor las cosas, mayor era la probabilidad de hallarlos: también aquí el proceso se reforzaba a sí mismo. Las economías más libres parecen haber sido las más creativas; la creatividad favorecía al crecimiento, y el crecimiento creaba oportunidades para nuevas innovaciones, intencionadas o accidentales.”.

Sobre este tema fundamental volveremos en próximos capítulos. Destaquemos desde ya dos observaciones que surgen de la contrastación que planteamos. Antes de que la revolución tecnológica cobre envergadura y muestre en qué consiste, cuando resultan poco claras “la naturaleza y la dirección” del avance tecnológico y productivo, “la multiplicidad de fuentes de creatividad” constituye una ventaja decisiva. Más adelante, cuando lo que ocurre en el escenario central da las transformaciones sugiere “lo que hay que hacer” para superar el rezago —para avanzar más rápidamente por un camino análogo al abierto por otros— el accionar deliberado del Estado puede constituirse en palanca fundamental del desarrollo. Subrayemos todavía que la “apuesta a la educación” no sólo permitió paliar desventajas sino que se convirtió en una importante ventaja: “A mediados de siglo, la tecnología siendo aún esencialmente empírica y, en la mayoría de los casos, la forma más efectiva de transmisión de conocimientos siguió siendo mediante la experiencia directa en el trabajo. Pero desde que la ciencia empezó a anticiparse a la técnica —y en parte esto ya comenzó a suceder hacia 1850/60— la educación formal se convirtió en un importante recurso industrial, y los países continentales vieron cómo lo que antes había sido un factor compensador de sus limitaciones pasaba a convertirse en una ventaja diferencial importante.”.

Así se iría desplazando el centro de gravedad de la industrialización, en un proceso en el cual, ayer como hoy, mucho incidirán las características específicas de las ramas industriales que en cada etapa lo dinamizan particularmente sus relaciones con el uso de la energía y su potencial tanto para suscitar como para aprovechar el avance de la investigación científica. Estas cuestiones, hoy día centrales para comprender las vinculaciones entre progreso técnico y desarrollo económico, encuentran elocuente ilustración histórica en el periodo al que estamos aludiendo. En efecto: “En Gran Bretaña, la Revolución Industrial se edificó sobre la manufactura del algodón, que creció más de prisa que otras ramas de la industria antes de 1800 y las arrastró con ella. En el Continente, fue la industria pesada —carbón y hierro— la que se erigió en sector adelantado”. Ahora bien: “El mayor coste del combustible, en sí mismo una desventaja, servía de incentivo para la innovación tecnológica. Mientras que los industriales metalúrgicos ingleses seguían permitiendo que las llamas y los gases de sus hornos iluminasen la noche, los mejores productores del Continente tomaron medida para utilizar esta energía, antes desperdiciada, para refinar el arrabio, calentar la carga, o alimentar las máquinas de vapor.”.

Así, nos consta que los Industriales metalúrgicos del Continente sacaban más partido de sus recursos que sus competidores del otro lado del Canal; y como el ahorro de combustible era la clave de la eficacia en casi todos los estadios de la producción, estas ventajas iniciales de 1830-40 y 1840-50 fueron el punto de partida de una metalurgia científica que habría de dar sus frutos, en forma de mejoras sustanciales, una generación más tarde.

Por otra parte, los avances en la metalurgia combinados con las nuevas fuentes de energía estaban posibilitando una aceleración de la industrialización: los beneficios producidos por la maquinaria engendraron la industria de la construcción de maquinaria y dieron así origen a una revolución en las artes mecánicas: la utilización de máquinas para construir máquinas. Aunque dicha transformación debía poco a la ciencia, éste fue el camino por el cual la ingeniería mecánica empezó a hacerse científica. Las más elaboradas aplicaciones matemáticas de la mecánica de Newton en el siglo XVIII eran de escasa utilidad para los ingenieros prácticos, porque las máquinas no podían construirse con precisión salvo que fueran obra de los mejores artesanos o respecto de máquinas excepcionales, como los relojes. Incluso para las vitales necesidades de la guerra, los cañones no podían ser contruidos con la exactitud y uniformidad suficientes para poder aplicar seriamente las sólidamente establecidas teorías balísticas. Todo esto cambió con las cortadoras mecánicas de precisión, de modo que la realización de artificios prácticos pudo ser calculada por anticipado.

Ciencia y educación serán fundamentales para el surgimiento de la llamada "Segunda Revolución Industrial" y ésta convertirá a aquéllas en claves de los avances futuros.

1e. El segundo ciclo de crecimiento industrial

Entre 1850 y 1873, Europa vivió un período de notable crecimiento económico, que suele asociarse con el desarrollo del ferrocarril, aunque por supuesto se sustentó en el auge de varias ramas productivas, la textil en particular. Sin embargo, a partir de mediados de siglo, el ferrocarril, gracias a su demanda de bienes de capital y mano de obra, y a los efectos acumulativos de estos gastos a través de todo el sistema económico, habla desplazado a los textiles como sector avanzado en la actividad industrial, y marcaba tanto los ritmos de los ciclos cortos como los de las tendencias a largo plazo.

A partir de 1873 el clima de próspero optimismo fue cediendo su lugar a otro de malestar. El crecimiento no se había detenido pero su ritmo había disminuido. Esta desaceleración no cambió de signo hasta que una serie de importantes avances abrió nuevas áreas de inversión, hacia finales de siglo. En estos años se experimentó el vigoroso crecimiento, si no el nacimiento de la energía eléctrica y de los motores, la química orgánica y los productos sintéticos, la máquina de combustión interna y los vehículos automóviles, la manufactura de precisión y la producción en cadenas de montaje, un cúmulo de innovaciones que se han venido a llamar la Segunda Revolución Industrial.

Dadas las dimensiones de la mutación histórica que supuso la Revolución Industrial propiamente dicha, parece más adecuado hablar de segunda etapa de la industrialización o de "segundo ciclo de crecimiento industrial", como lo hace Landes quien —escribiendo en los años '60 de nuestro siglo— considera que el ciclo en cuestión está todavía en curso.

La expansión en esta nueva etapa se ligó crecientemente con el impresionante crecimiento de los mercados para los productos de la industria: los grandes avances de estas décadas —acero barato, fabricación de precisión, electricidad— hicieron posible toda una nueva y extensa gama de productos. que hoy llamamos bienes de consumo duraderos: máquinas de coser, relojes baratos, bicicletas, luz eléctrica y, más adelante. los electrodomésticos. La consiguiente expansión de la producción, que seguía a una primera oleada, basada fundamentalmente en bienes de capital y en el conjunto de necesidades asociadas con el ferrocarril, sólo fue posible gracias a la existencia de este tipo de mercado.

Notemos todavía que el comienzo de este segundo ciclo de crecimiento industrial puede ser visto como un punto de viraje que llevarla a considerarlo como una revolución con mayúscula. En palabras de Sábato y Mackenzie: "Mientras que durante milenios el hombre produjo tecnología de manera espontánea, asistemática y casi amateur (en forma artesanal), en las últimas décadas este modelo de producción de la tecnología ha cambiado drásticamente y se ha transformado en una actividad específica, organizada, diferenciada y continúa, con su propia identidad, su propia legitimidad y sus propias características económicas, y así como las mercancías corrientes se producen en establecimientos corrientemente denominados fábricas, lo mismo ocurre ahora con la tecnología, con la diferencia de que a las fábricas de tecnología se las designa con nombres tales como "laboratorios de investigación y desarrollo", "departamentos de I-D", "centros de I-D" y similares. Este salto de la producción artesanal de tecnología a su manufactura industrial es uno de los factores claves de lo que se ha dado en llamar la Segunda Revolución Industrial. Y así ha surgido un nuevo proletariado: los científicos, técnicos y asistentes que trabajan en las fábricas de tecnología y que venden su fuerza de trabajo en el mercado, fuerza de trabajo que se emplea en la producción de una mercancía muy valiosa, la tecnología."

Por cierto, esta sistematización de la producción de tecnología apenas si se inicia con el advenimiento, en la segunda mitad del siglo pasado, de la "Segunda Revolución Industrial"; su expansión es fenómeno principalmente de este

siglo, ligado en particular a los grandes conflictos bélicos y a las formas de generar tecnología con vistas a su uso militar,' las que conocieron un tremendo desarrollo durante la Segunda Guerra Mundial.

1f. Nuevas tecnologías y modificación de las formas de producción

El segundo ciclo de la industrialización tuvo entre sus principales características las que provienen del auge de ciertos materiales nuevos, de métodos nuevos de obtener otros bien antiguos y de nuevas formas de energía.

En relación a los materiales, se ha llegado a hablar de la "Era del Acero" pues "si tuviéramos que escoger la característica más importante de la tecnología del último tercio del siglo XIX sería la sustitución del hierro por el acero y el incremento consiguiente en el consumo del metal per cápita. El acero era conocido desde la Antigüedad, pero su producción de alta calidad resultaba muy cara por lo cual durante siglos se organizó primordialmente en torno a la fabricación de armas. La introducción de los procesos de producción de Bessemer, Siemens-Martin y Thomas hizo descender, entre los años '60 y los '90 del siglo pasado, los costos de producción de acero entre un 80 y 90%. Los dos primeros procesos eran utilizables sólo con minerales relativamente puros y poco corrientes mientras que el tercero, al lograr absorber el fósforo desprendido en la fundición, resultó aplicable a los minerales más abundantes. Esta última mejora es también significativa porque fue enteramente científica. Aunque Thomas empezó a ganarse la vida como empleado en una comisaría de policía fue un maestro en teoría metalúrgica; comprendía con precisión qué era lo que estaba intentando hacer y los resultados de sus experimentos, realizados en un sótano de Londres, pudieron aplicarse con éxito tres años después (1879) a la producción en gran escala. Su obra es una extraordinaria anticipación de la investigación industrial del siglo siguiente.

Notemos de paso que, hacia fines del periodo antes mencionado, Alemania había superado a Gran Bretaña en ese rubro, aunque 20 años antes producía la mitad, y USA había alcanzado un primer puesto, destinado a la permanencia, en la producción tanto de hierro como de acero.

Por su parte, hacia fines del siglo, la electricidad acapara la actividad de transmisión de energía. Es interesante seguir la historia de este desarrollo —como ejemplo de cooperación científica y técnica, de invención múltiple, de progreso a través de una cantidad de pequeñas mejoras, de actividad empresarial creadora, de demanda derivada y anticipación de consecuencias—. El crecimiento simbiótico de la energía y de los motores eléctricos es como el de las máquinas textiles y las de vapor en el siglo XVIII: se disponía de una nueva técnica y de un nuevo sistema de producción, con posibilidades ilimitadas. Era, de nuevo, el Génesis.

Lo que no era más que un juego científico al comenzar la centuria se fue convirtiendo, a medida que ésta avanzaba, en una forma de energía de primera importancia para las comunicaciones, la química ligera y la metalurgia, la iluminación, los transportes y el propio funcionamiento de la fábrica, a la que transformó por su flexibilidad.

La industria eléctrica fue uno de los ámbitos donde surgió la nueva forma de producción de tecnología, como ilustra el ejemplo legendario ya de Edison y el laboratorio que instaló en Menlo Park (Nueva Jersey) en 1880. Allí, habiendo reunido un grupo pequeño pero competente, que incluía algunos científicos muy destacados y contaba con buen equipamiento, se propuso producir un invento menor cada 10 días y uno importante cada semestre, a partir de una división del trabajo que combinaba "un 99% de transpiración y un 1% de inspiración". En ese laboratorio se inventaron centenares de dispositivos —Edison llegó a obtener casi 1.100 patentes a lo largo de su vida—, pero quizás lo más importante fue su propia existencia. En palabras de su creador: "Alguna gente opina que mi mayor invento ha sido la lámpara incandescente. Lamento estar en desacuerdo: pienso que mi mayor invención ha sido el laboratorio comercial de investigaciones, un lugar donde yo pude desarrollar todas mis invenciones". Se trataba, sin duda, de una gran innovación socio-institucional. Dicen los autores a los que seguimos en este párrafo: "En Menlo Park la producción de tecnología dejó de ser artesanal para ser manufacturada, con toda la intencionalidad y sistematicidad que exige algo que se había transformado en una mercancía.

También en el campo de la electricidad Gran Bretaña llegaría a verse superada por Estados Unidos y Alemania, con sus grandes empresas sólidamente respaldadas por sus bancos de inversión. Pero el capital no lo era todo: "Al igual que en la industria química, el conocimiento científico, la capacidad tecnológica y los elevados niveles de calidad contaban en el mercado más que el precio. También en este caso, un país pequeño como Suiza logró éxitos extraordinarios, y nombres como Brown-Boveri, Derlikon, Eggi-Wyss y CIEM (Cie. de l'Industrie Électrique et Mécanique) adquirieron renombre internacional. Y, por las mismas razones, incluso una economía agraria como la húngara fue capaz de producir una empresa como la Ganz de Budapest."

Así, en el segundo ciclo de la industrialización, se inició el proceso de difusión del equipamiento eléctrico que ha sido uno de los rasgos notables del siglo XX, particularmente por su impacto en la vida hogareña. Este proceso parecía decir que no existe actividad que no pueda mecanizarse y electrificarse. Según Landes, "esta fue la consumación de la Revolución Industrial", tesis que convendrá tener en cuenta al discutir si al presente vivimos un tercer ciclo de crecimiento industrial o más bien una nueva revolución tecnológica con mayúscula.

A ese respecto, la relación entre nuevas tecnologías y reorganización de la producción es en todos los casos cuestión central. Vale la pena pues destacar que la irrupción de la electricidad hizo mucho más que transformar las técnicas y el decorado de las fábricas: al suministrar energía barata tanto dentro como fuera de las fábricas, invirtió la tendencia histórica del siglo, dando nueva vida y posibilidades a la industria artesanal dispersa y a los pequeños talleres, y modificó el modo de producción. En particular, hizo posible una nueva división del trabajo entre grandes y pequeñas unidades. Mientras antes, y dentro de una misma industria, estas dos formas se habían visto inevitablemente enfrentadas entre sí —unas utilizando nuevas técnicas y en proceso de expansión, las otras manteniendo las viejas y en proceso de extinción— ahora se hace posible su complementariedad. Ambos tipos podían utilizar materiales modernos, a partir de que la fábrica se especializase en productos pesados y artículos estandarizados, que requerían técnicas intensivas en capital, y el taller en actividades intensivas en trabajo, utilizando herramientas eléctricas ligeras. Y, a menudo, la complementariedad se convertía en simbiosis la estructura moderna de subcontratación en la industria de bienes de consumo duraderos se basa en la eficiencia tecnológica de los pequeños talleres.

Así pues, el segundo ciclo de la industrialización no es sólo la "era del acero", o de la electricidad, o de la química orgánica. Importancia no menor a la de las nuevas tecnologías debe atribuirse, en su conceptualización, cambio con diversificación de la estructura productiva —según se acaba de notar— así como a la transformación de las relaciones de la industria con la investigación y a la evolución de las condiciones de trabajo, cuestiones estas últimas que miraremos más de cerca en las dos próximas secciones.

1g. La química: ciencia e industria en el siglo XIX

También la industria química llegó a conocer un auge extraordinario en la segunda mitad del siglo XIX. Consideraremos con algún detalle su desarrollo, pues el mismo mucho dice sobre la evolución de las relaciones entre técnica y ciencia. Según Bernal, la fundación de la química moderna, racional y cuantitativa, fue la mayor contribución científica nueva del periodo de la Revolución Industrial, comparable en la historia de la ciencia a la gran síntesis astronómico-mecánica del siglo XVII, en cuyo esquema conceptual fue introducida por las explicaciones atomísticas de los fenómenos químicos. A partir de ello, el estudio de diversas sustancias llevó a imaginar a las moléculas como estructuras en cuyas propiedades inciden no sólo la composición atómica sino la configuración espacial de los átomos componentes. "Desde un punto de vista puramente científico, la determinación de la constitución molecular, por los métodos de la química orgánica es uno de los mayores triunfos lógicos de la mente humana".

La ciencia en cuestión fue impulsada por "el rápido desarrollo de la industria química, en gran parte auxiliar de la nueva producción mecánica a gran escala de la industria textil y (por) el consiguiente interés de los científicos por los problemas de la materia y sus transformaciones. A su vez, los más importantes avances de la manufactura química en el periodo al que nos estamos refiriendo llegaron a ser el método de Solvay para la producción de álcalis y, fundamentalmente, la síntesis de compuestos orgánicos.

A medida que la industrialización avanzaba, "la química cambió de color tanto literal como imaginariamente todos los productos de la industria manufacturera. Materiales nuevos, sintéticos y más baratos —adulterantes, perfumes y colorantes, obtenidos generalmente a partir de la hulla— empezaron a sustituir a los productos naturales, demasiado costosos y raros para cubrir todos los mercados. En esta transición; el centro de la investigación química se mudó, de su lugar de nacimiento en la Inglaterra del siglo XVIII, a Francia donde se amplió y sistematizó, y finalmente a Alemania, que fue el primer país en que se pusieron en práctica sus variadas aplicaciones".

Como bien se sabe, dicha nación no ha perdido ese lugar de privilegio que así llegó a ocupar en la química —según Bernal, la ciencia del siglo XIX— a partir de su temprana comprensión de las relaciones entre investigación y aplicación: el descubrimiento por Perkin de la primera anilina colorante artificial, en 1856, "despreciado en Inglaterra, fue adoptado inmediatamente por los directores de mentalidad más científica de la nueva industria alemana, y rápidamente los grandes beneficios de los colorantes sintéticos permitieron crear una enorme y dominante industria química en Alemania". El proceso dice mucho acerca de lo que significa la capacidad para la innovación, incluso a partir de invenciones ajenas: "A finales de 1860-70 la industria era todavía pequeña, dispersa, y esencialmente imitadora. Escasamente una década más tarde, la Badische Anilin, Hoechst, AGFA y otras, controlaban aproximadamente la mitad del mercado mundial; a fines de siglo, su participación era de 90%. Se trata seguramente de uno de los fenómenos mayores de la historia del crecimiento económico: "Este salto a posiciones de hegemonía, casi de monopolio, no tiene paralelo en cuanto a virtuosismo técnico y agresividad empresarial. Fue la realización industrial más importante de la Alemania imperial". Parece incluso superior, en términos relativos, al impresionante avance contemporáneo del Japón en el campo de la microelectrónica y la informática.

El desarrollo de la industria química se vio estimulado por el enorme crecimiento del mercado para algunos de sus productos fundamentales, como la soda, el amoníaco o el ácido sulfúrico. Desde el punto de vista de lo que nos interesa en este trabajo, corresponde subrayar que ese desarrollo estimuló y se vio estimulado por el de la profesionalización de

la investigación y Desarrollo ("Research and Development": R&D; en lo que sigue: 1+D) como actividad propia de la empresa, incorporada a las tareas de la fábrica.

Precisamente, fue la industria química alemana la que ya en los años 1870 había establecido el nuevo modelo de I+D intramuros, orientado a la introducción de nuevos productos y procesos. Bayer, Hoechst y la Badische Anilin (BASF) estuvieron entre las primeras empresas en organizar sus propios laboratorios de I+D. Aunque fueron inventores empresarios los que aportaron las mayores innovaciones del siglo XIX, a su término la escala de la experimentación requerida desbordaba ya las posibilidades de un químico actuando individualmente. Por otra parte, las tres empresas mencionadas estaban dirigidas por químicos que consideraban como parte de su tarea el mantenerse vinculados con el progreso de la investigación universitaria.

La síntesis del índigo ilustra bien la importancia nueva del proceso de desarrollo sistemáticamente relacionado con la ciencia, tanto por los aportes de la investigación como por las dificultades, los costos y las demoras para transformar los descubrimientos en producción rentable. Desde que el Profesor Bayer, sucesor de Liebig en la Universidad de Munich, sintetizó por primera vez el índigo en 1880 —lo que le valió el Premio Nobel— hasta que se hizo económicamente viable su producción en gran escala transcurrieron casi veinte años, se gastaron otros tantos millones de marcos de la época; otros procedimientos fueron inventados —en el Politécnico de Zurich en particular—, diversas patentes adquiridas y varios desarrollos técnicamente factibles resultaron económicamente inviables.

Al concluir la centuria, las empresas químicas alemanas y suizas habían consolidado su supremacía en la técnica y en los mercados, alcanzando el 80% de la producción mundial. Las empresas suizas, estrechamente vinculadas a las alemanas a las que compraba sus insumas básicos e intermedios, se concentraban en drogas y colorantes de alta calidad basada en la investigación, y exportaban más del 90% de su producción. He ahí un temprano ejemplo de apuesta de un pequeño país a la alta tecnología como una de las claves de su inserción en la economía internacional.

Según Freeman "tal vez el ejemplo más espectacular del exitoso matrimonio entre la química fundamental y la fuerte capacidad en ingeniería de procesos fue el desarrollo del proceso Haber-Bosch de producción de fertilizantes nitrogenados sintéticos". BASF había buscado resolver el problema desde antes de 1900, pero sin éxito: en 1908 Haber sintetizó el amoníaco en el Karlsruhe Technische Hochschule: la BASF se asoció con él, y puso en marcha un grupo de desarrollo que logró diseñar y construir los instrumentos necesarios para iniciar la producción comercial en 1913. La misma compañía estableció además una estación agrícola experimental en 1914 y varios centros de asesoramiento, lo que posibilitó la rápida introducción de los fertilizantes sintéticos en la agricultura de Alemania y la supervivencia de ésta cuando I Guerra Mundial la privó del acceso a los nitratos chilenos.

En el curso de la evolución que nos ha ocupado en esta sección, los químicos negaron a ser más de la mitad de los trabajadores científicos y la naturaleza del trabajo de estos experimentó significativos cambios. "El químico, y especialmente el químico de la segunda mitad del siglo XIX, fue realmente un científico de nuevo tipo, mucho más vinculado a la industria que el químico de los antiguos tiempos". El matrimonio entre la ciencia y la industria, que constituye una de las facetas definitorias de la segunda etapa de la industrialización, transformó a los dos miembros de la pareja.

1h. Mecanización y fragmentación del trabajo

En este período "las industrias de montaje eran el reduto de los artesanos calificados", dice Landes: "Estos hombres eran la aristocracia de la mano de obra industrial. Dueños de sus técnicas, capaces tanto de mantener sus herramientas en buen uso como de utilizarlas, cuidaban de aquéllas como si fueran suyas, aun cuando pertenecían a la empresa. En el trabajo eran realmente autónomos". Para que los ritmos de producción pudieran ser uniformizados y fijados por la dirección de la empresa, y para que esta no dependiera de la calificación del mencionado tipo de trabajadores, dos metas debían ser alcanzadas: en primer lugar, era necesario descomponer el trabajo en un conjunto de operaciones simples, susceptibles de ser ejecutadas por máquinas manejadas por obreros sin mayor clasificación; en segundo lugar, hacía falta normalizar la producción de modo que las piezas del mismo tipo resultaran intercambiables y el montaje pudiera convertirse en una rutina. Los avances en ambas direcciones convergieron en la cadena de montaje, que constituyó así no sólo una forma para abaratar la producción sino también, y quizás fundamentalmente, una innovación orientada al control del proceso de trabajo.

Una serie de inventos propiciaron esa evolución a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX. La máquina de coser, la máquina de escribir, la bicicleta y, sobre todo, el automóvil, requerían un elevado grado de precisión y conquistaron un mercado que rentabilizó los esfuerzos por lograr la intercambiabilidad de piezas.

Los principales avances en la marcha hacia la mecanización del trabajo fueron realizados en los Estados Unidos. Allí, a comienzos de los años 1880 Frederick Taylor elaboró los fundamentos de su famoso sistema, la llamada "organización científica del trabajo", mientras se desempeñaba como encargado de un taller de maquinaria en "Midvale Steel Works" de Pennsylvania tarea en la cual tuvo muy duros enfrentamientos con los trabajadores.

Las conclusiones a las que Taylor llegó después del bautismo de fuego que recibió en la lucha de Midvale pueden ser resumidas como sigue: los obreros que están controlados tan sólo por órdenes y disciplina generales, no lo están adecuadamente, debido a que mantienen su iniciativa en los procesos reales de trabajo. Mientras que controlen el proceso mismo de trabajo, ellos impedirían los esfuerzos para realizar al máximo el potencial inherente en su fuerza de trabajo. Para cambiar esta situación, el control sobre el proceso de trabajo debe pasar a las manos de la gerencia, no sólo en un sentido formal sino a través del control y el dictado de cada paso del proceso, incluyendo su modo de ejecución. No hay sacrificio demasiado grande ni esfuerzos excesivos en la persecución de este fin debido a que los resultados pagarán todos los esfuerzos y gastos empleados en alcanzar esta meta urgente y costosa.

El taylorismo parte de la cuidadosa observación de lo que hacen los obreros que más rinden, el análisis y la descomposición de su accionar en movimientos elementales, y el cronometraje de estos; luego, se calcula los costos de cada operación; finalmente se establecen las normas para la realización del trabajo como una sucesión de tareas elementales precisamente establecidas en cada caso. No menos importante es la estricta separación entre la concepción y la ejecución de las tareas: "Todo posible trabajo cerebral debe ser removido del taller y concentrado en departamento de planeación o diseño", sostenía Taylor.

Dice Landes: "Visto desde la atalaya de mediados del siglo XX, la organización científica fue la consecuencia natural del proceso de mecanización que constituyó el núcleo de la Revolución Industrial: primero la sustitución de la destreza y la fuerza humanas por las máquinas y la energía mecánica; luego, la conversión del operario en autómatas, para ponerse y mantenerse a la altura del material. El tercer estadio es el que estamos presenciando: la automatización, la sustitución de hombres por máquinas que piensan, además de actuar".

El propio enfoque del autor citado, que hemos reseñado en esta sección, nos previene contra el error de concebir esa "conversión del operario en autómatas" como un proceso determinado por la evolución de la técnica: su vinculación con ésta no parece discutible, pero tampoco sus conexiones con las relaciones sociales que los hombres establecen en el curso de la producción.

La Revolución Industrial es una Revolución con mayúscula porque designa un proceso histórico de cambio acelerado en el equipamiento tecnológico de la Humanidad, en la estructura de la sociedad, en ciertas instituciones centrales para la vida colectiva y en las condiciones de trabajo de los seres humanos. Entre las tendencias mayores de ese proceso —interdependientes pero también dotadas de cierta dinámica propia— corresponde anotar, por supuesto, la impresionante difusión a los más variados ámbitos del uso de máquinas y de energía mecánica, pero también el crecimiento del empresariado industrial y del proletariado, el surgimiento de la fábrica y su conversión en el corazón de la actividad productiva, y la mecanización y fragmentación del trabajo industrial.

1i. La educación en la pérdida de la hegemonía tecnológica

En las últimas décadas del siglo pasado la vanguardia de la industrialización se desplazó de Gran Bretaña a Alemania. Comprender ese proceso tiene un interés y una importancia práctica, para el accionar en el presente, comparables a los que ofrece el estudio del surgimiento mismo de la Revolución Industrial. Y también desborda nuestras posibilidades. Sin embargo, es imprescindible destacar una de las causas más destacadas de ese desplazamiento del liderazgo económico; nos referimos a lo que sucedía en el ámbito educativo.

Por educación entendemos en realidad la transmisión de cuatro tipos de conocimiento, cada cual con su propia contribución al funcionamiento económico: 1) la capacidad para leer, escribir y calcular; 2) las habilidades del artesano y el mecánico; 3) la combinación de principios científicos y experiencia práctica de los ingenieros; y 4) el conocimiento científico de alto nivel, tanto teórico como aplicado. En las cuatro áreas, Alemania disponía de la mejor que podía ofrecer Europa, en las cuatro; con la posible excepción de la segunda, Gran Bretaña estaba a la zaga.

La caracterización precedente de lo que conviene entender por educación es, seguramente, demasiado unilateral. Y no deja de serlo aún en el caso de que se refiera implícitamente a los aspectos de la educación con más directo impacto en el funcionamiento de la producción; incluso desde este punto de vista restringido resultaría parcial, al no tener en cuenta por ejemplo lo que tiene que ver con la gestión. Pero es indudable que los cuatro tipos de conocimiento apuntados son relevantes, hoy como ayer, por lo cual resulta instructivo sintetizar una comparación a ese respecto entre el país que estaba perdiendo la punta y el que la estaba conquistando.

En Gran Bretaña, hacia 1860, alrededor de la mitad de los niños en edad escolar tenían acceso a alguna forma de instrucción; la escolarización quedó, hasta las últimas décadas del siglo, en manos de la actividad privada; recién en 1880 la instrucción primaria se hizo obligatoria. Pero no dejó por ello de estar signada por la desigualdad y el derroche: el sistema continuó esterilizado por prejuicios despreciables y por las limitaciones de unas condiciones sociales patológicas. Así, resultaba generalmente admitido que la aptitud para la instrucción o, de forma más sutil, la capacidad para hacer uso de ella, era función de la base social, y que el contenido y el nivel de la enseñanza debía adecuarse al destino en la vida de cada estudiante.

Más explícitamente: "cualesquiera que fuesen los objetivos, proclamados de la educación elemental obligatoria, su función esencial... no era la instrucción, sino disciplinar a una masa creciente de proletarios disidentes e integrarlos en la sociedad británica.

Otro era el panorama en Alemania, en algunas regiones de la cual la instrucción primaria obligatoria data del siglo XVII. En 1860-70, el 97,5% de los niños en edad escolar de Prusia acudían a la escuela. El valor de la educación, el deber del estado en la materia y los beneficios que de ello obtendrían eran convicciones hondamente arraigadas en la nación alemana.

La diferencia de perspectivas no era menos notoria a otros niveles de la educación: mientras que Gran Bretaña abandonó la enseñanza técnica, al igual que la primaria, a la iniciativa privada, lo cual condujo en su caso a una provisión de instituciones desigual e inadecuada, los estados alemanes financiaron generosamente un sistema completo de instituciones, erigiendo edificios, instalando laboratorios y, sobre todo, manteniendo un profesorado competente y a los niveles más altos, verdaderamente distinguido.

En 1910 escribía un observador norteamericano: "La importancia suprema de la eficiencia como un factor económico fue comprendida primero por los alemanes, y es este hecho lo que les permitió avanzar su condición industrial, que hace veinte años era ridícula, hasta el primer lugar en Europa, si no es que en el mundo. Naturalmente nos interesa saber en detalle los métodos que han usado, y la respuesta es que ellos han reconocido el valor del ingeniero científicamente entrenado como un factor económico. En los Estados Unidos nuestros soberbios recursos naturales nos han permitido progresos fenomenales sin consideración para la enseñanza de la ciencia y en muchos casos a pesar de nuestra negligencia hacia ella. El progreso de Alemania nos advierte que nosotros hemos alcanzado el punto en que debemos reconocer que la adecuada aplicación de la ciencia a la industria es de vital importancia para la futura prosperidad del país. Nuestras universidades y escuelas de alta enseñanza están todavía dominadas por aquellos para quienes el entrenamiento fue en gran medida literario o clásico y fallan enteramente en darse cuenta de la diferencia entre una época clásica y una industrial. Esta diferencia no es sentimental sino real, pues la nación que sea industrialmente la más eficiente pronto se convertirá en la más rica y poderosa.

Como suele suceder con cualquier explicación interesante de un fenómeno, aunque sea parcial, ésta suscita más preguntas de las que responde. En efecto, si la distinta actitud "nacional" ante la educación entre Gran Bretaña y Alemania es uno de los factores que ayudan a comprender por qué la primera fue desplazada por la segunda del liderazgo de la industrialización durante la segunda mitad de la pasada centuria, ¿cuáles son las raíces de posturas diferentes con tan importantes consecuencias? Y, más específicamente, ¿por qué sus consecuencias irrumpieron cuando lo hicieron y no antes? No pretendemos ocuparnos más que, muy sumariamente, de la última cuestión, que nos parece estrechamente ligada al tema principal de este capítulo.

Recordemos, para situarnos, que la amplia difusión de una sólida formación técnica ha sido destacada como una de las razones de las ventajas iniciales de Inglaterra en la carrera de la industrialización. Por otra parte, si la igualdad de oportunidades en materia educativa no caracterizaba a ese país, la democratización de la sociedad no era por cierto la preocupación oficial del Estado alemán que Prusia organizó. Conviene pues acotar las diferencias, lo que parece haberse constituido, al cobrar ímpetu un segundo ciclo de crecimiento industrial, en una decisiva ventaja alemana fue la importancia otorgada a la educación organizada sistemáticamente, a su prioridad como función estatal, a su obligatoriedad a nivel elemental y a su vinculación a nivel técnico con la formación científica. La idea, ya avanzada en una sección anterior, es que la apuesta a este tipo de educación, concebida inicialmente como una estrategia para paliar retrasos, fue siendo cada vez más exitosa a medida que la ciencia —y por ende la masiva difusión de una educación científica— se convertía en una fuerza productiva de importancia creciente.

Situada así históricamente la cuestión, interesa captar las motivaciones que generaron aproximaciones disímiles a la relación entre técnica y educación. Se comprobará así algo sólo en apariencia paradójico, con conocidos paralelismos a lo largo de la historia; a saber: el retraso inglés en la segunda etapa de la industrialización se liga estrechamente a la magnitud de sus ventajas originales.

En efecto, la instrucción técnica tropezaba con toda suerte de escollos en Inglaterra. "Pero la mayoría sencillamente se oponía a la propia idea: estaban convencidos de que era un fraude, de que era imposible una educación técnica eficaz, y de que la instrucción científica era innecesaria". Miraban a su propio pasado, que les llegaba por supuesto simplificado y embellecido, y en el cual contemplaban a un conjunto de hombres prácticos, sus antepasados, creando a la industria desde la nada y aparentemente sin saber casi nada más que los que su propia práctica les enseñaba. El éxito suele ser conservador y contraproducente pues promueve la permanencia de ciertas actitudes al mismo tiempo que socava las condiciones en las que fueron eficaces. Difícil imaginar un periodo más exitoso desde el punto de vista tecnológico y más impactante desde el punto de vista espiritual que la segunda mitad del siglo XVIII inglés. Si, como se ha dicho, ese fue de nuevo el tiempo del Génesis, ¿es de extrañar que sus imágenes pesaran como una losa sobre las concepciones de sus herederos a lo largo de un siglo?

Muy otra era la perspectiva más allá del Rhin. “El contraste con las actitudes alemanas resulta difícil de exagerar. Para una nación ambiciosa, impaciente por elevar su economía al nivel de la británica, vejada, si no humillada, por su dependencia de expertos extranjeros, un sistema de educación científica y técnica eficaz era una base y una esperanza de riqueza y engrandecimiento. Se desarrolló un verdadero culto por la Wissenschaft y Technik. Los reyes y príncipes de Europa Central competían entre sí, creando escuelas e institutos de investigación y coleccionaban sabios (¡incluso humanistas como los historiadores!) como sus predecesores del siglo XVIII habían coleccionado músicos y compositores; o como las cortes italianas del cinquecento lo habían hecho con artistas y escultores. La gente se quedaba boquiabierto ante las Hochschulen y las Universidades, con una actitud de respeto que suele reservarse para la contemplación de monumentos históricos. Pero más importante aún era que los empresarios solían apreciar a los graduados de estas Instituciones, y muchas veces les ofrecían posiciones respetadas e influyentes —no sólo las empresas gigantes, con sus equipos de laboratorio de hasta más de cien personas, sino incluso las pequeñas, que velan en la capacidad propia de los técnicos profesionales su mejor defensa frente a la competencia de la producción en gran escala—.

A medida que se abría camino una industria de tipo nuevo, crecientemente basada en la ciencia, se acercaba a su ocaso la hegemonía tecnológica del país pionero, donde surgiera la industria primigenia, que poco le debía a la ciencia, y avanzaban hacia el liderazgo quienes paciente y tesoneramente habían construido "un sistema de educación científica y técnica eficaz" para basar en él su desarrollo productivo.

1j. La ciencia de ayer y la imagen del universo

Los éxitos de la investigación científica, la expansión de su papel en la economía y lo redituable de apostar a ella como estrategia para la competencia internacional colaboraron a prestigiar la visión del mundo que ofrecían las ciencias naturales de la época. Y, como sucede con las ondas que causa una piedra al caer en el agua, su influencia siguió expandiéndose en ámbitos cada vez más alejados del que diera origen a tal concepción cuando la misma ya se había hundido.

La imagen de la ciencia coherente y unitaria que había revelado su progreso en el siglo XIX les parecía a los científicos de entonces un signo de que estaba llegando a su final. En la física, las fuerzas originariamente separadas de la luz, la electricidad, el magnetismo y el calor habían llegado a reunirse en una gran teoría electromagnética. Aunque la gravedad no quedaba incluida en ella, su actuación era plenamente previsible.

Se dibujaba así una concepción del devenir asentada en "la idea de Laplace según la cual todo el universo consiste en partículas cuyo movimiento puede conocerse por toda la eternidad si se conoce en un momento determinado". Y aunque por supuesto mucho restaba por hacer, "los científicos, en su correspondiente especialidad, velan ante ellos un futuro limitado de descubrimientos" comparativamente menores, pues compartían la idea de que la estructura general de la teoría científica estaba asegurada" por la concepción de Newton y por el éxito de la investigación desarrollada como su herencia.

A partir de la última década del siglo XIX, en la propia física donde se sustentaba esa imagen del universo se iniciará una revolución que la trastocará profundamente. No lo hará sin encontrar obstáculos, entre otros motivos porque "uno de los factores más persistentes en el retraso de la ciencia es el que forman los propios éxitos de la ciencia misma: la creencia en la ciencia como un medio para alcanzar un conocimiento absoluto y permanente". Precisamente, la transformación de la física, organizada en torno a las teorías de la relatividad y cuántica, horadarán no sólo las certezas precedentes sino la noción misma de verdad científica. Perderá pie la imagen de un mundo de átomos en movimiento sujeto a las leyes de la mecánica clásica y por ende al determinismo laplaciano. Empezará a batirse en retirada la pretensión decimonónica de organizar todo el conocimiento —a las ciencias naturales, sociales y humanas— en torno a grandes leyes capaces de reducir la complejidad del mundo sensible a una esencial simplicidad cuya existencia subyacente constituía una suerte de postulado, quizás el trazo característico de la ciencia occidental desde sus propios orígenes jonios. Y se desdibujará la esperanza de alcanzar un conocimiento absoluto y permanente, cediendo su lugar a una noción de índole historicista, tanto de la tarea científica como de sus logros: ni aquella tiene fin a la vista ni éstos pueden ser en realidad más que aproximaciones provisionales.

Pero no serán visiones de este tipo las de mayor gravitación en la evolución de las sociedades durante el siglo XX, sino más bien las dominantes en el siglo precedente. Entre varias razones, porque éstas últimas conformaron el clima espiritual en el que nacieron algunas de las escuelas de pensamiento con mayor impacto práctico en los últimos cien años, como el marxismo y la economía neoclásica. La simplificación de los modelos explicativos, y la simultánea pretensión de que los mismos constituyen una descripción ajustada de la realidad, mantuvieron viva la noción de que la evolución de los acontecimientos no sólo está determinada sino que es además predeterminable a priori. El "monismo" explicativo —la presuposición de que todo fenómeno responde esencialmente a "una" causa o ley o tendencia histórica— y las simplificaciones consiguientes a nivel de la teoría sustentaron un accionar del mismo tipo, incluso en los ámbitos

que nos interesan particularmente aquí, vale decir, la promoción del desarrollo y las políticas para la ciencia en sus primeras etapas.

En estas últimas incidió particularmente una presunción, emanada de la suerte de omnipotencia que la ciencia pareció conseguir, a nivel de las ideas durante el siglo pasado y de los hechos a lo largo de éste. Nos referimos a la idea de que promover el avance de la ciencia, y en particular de la "gran ciencia", venía a ser algo así como poner en marcha el primer motor del crecimiento económico.

En los años posteriores a 1950, las políticas para la ciencia y la tecnología, y más aún las políticas para el desarrollo de los países periféricos en sus muy diversas formulaciones, se verán grandemente condicionadas por enfoques inspirados en la "era de las certezas" y en el monismo que le es afín. Pero la evolución de las ideas en nuestra época se ha desplegado en otras direcciones, entre las cuales la que lleva a pensar que —según la ajustada expresión de Laclau y Mouffe— "el pluralismo no es el fenómeno a explicar sino el punto de partida del análisis". Cuando después de 1970, y en paralelo con una nueva aceleración del cambio técnico, la "era de la incertidumbre" desborde el terreno de los hechos y comience a adueñarse de los espíritus, las políticas científicas y tecnológicas experimentarán notables cambios al tiempo que se desdibujarán las propuestas clásicas para el desarrollo. En cierto sentido, para los países periféricos se tratará de empezar de nuevo.

1k. Profesionalización de la investigación y desarrollo

El crecimiento de un sistema institucional estructurado en torno a la actividad profesional denominada de investigación y desarrollo (I+D) es quizás el cambio económico y social más importante del siglo XX, dice Freeman. Los primeros laboratorios especializados en I+D a nivel de la industria fueron instalados durante la década de 1870, en empresas químicas y eléctricas. A los laboratorios gubernamentales y universitarios venía a sumarse un nuevo tipo de institución, a través de la cual las tareas de investigación y desarrollo en la industria —que por supuesto no empezaron entonces— se fueron conformando como una labor diferenciada y específica. Y esa institución, a su vez, llegará a ser una componente fundamental dentro del conjunto de las dedicadas a la investigación en las naciones más avanzadas. Así, hacia 1980, aproximadamente las dos terceras partes del medio millón, grosso modo, de científicos e ingenieros que trabajaban en todos los tipos de I+D en USA lo hacían en la industria. Este proceso ha sido paralelo al desarrollo de ciertas ramas que apenas si existían hace 100 años —electrónica, instrumentos, petroquímica, plásticos, energía nuclear, entre otras— pero que son características de la nueva industria basada en la investigación, y en las que tiene lugar una gran proporción de la I+D industria.

Si el surgimiento de la fábrica constituyó un puente nuevo entre invención e innovación, la diferenciación en su seno de las labores de I+D sistematizó esa vinculación, extendiendo la lógica del sistema fabril a la producción de su propia transformación. Cabe hablar de una suerte de industrialización del cambio, que llegará a tener enorme impacto en la economía. Ella cobra fuerza en la segunda mitad del siglo pasado; a esa altura, "el sistema alemán había institucionalizado la innovación: el cambio era parte del sistema. No había garantías de poder lograr descubrimientos importantes; resulta destacable, por ejemplo, el que los avances más importantes de la metalurgia en la segunda mitad del siglo fueran de origen inglés (Bessemer, Siemens, Thomas-Gilchrist), francés (Martín, Carvès), o belga (Coppée). Pero estaba bastante asegurado que, cualquiera fuera su origen, los nuevos inventos serían experimentados y utilizados; y en el propio seno de la industria existía un flujo constante de pequeñas mejoras cuya acumulación constituyó una revolución tecnológica. Las mayores empresas alemanas de derivados del alquitrán de hulla registraron 948 patentes entre 1886 y 1900, frente a las 86 de las correspondientes industrias inglesas. Y, como observaba Schumpeter en su descripción de la industria eléctrica alemana, la variedad y la frecuencia de las innovaciones nacidas al impulso de los departamentos técnicos de las grandes empresas dio lugar a una carrera que, 'aunque nunca tuvo las propiedades formales de la competencia perfecta, produjo los resultados que suelen atribuírsele a ésta'. Esa sistematización en Alemania de las relaciones entre investigación y producción esboza lo que ha llegado a conocerse como "sistema nacional de innovación". Su desarrollo fue causa y consecuencia, a la vez, de una actitud hacia el largo plazo: la preocupación por esta dimensión motivó la creación de los departamentos de I+D, y estos ofrecieron una atalaya para la anticipación. Dado que "el empresario alemán, simplemente, tenía un horizonte temporal más largo e incluía en sus estimaciones variables exógenas de cambio tecnológico que su competidor británico mantenía constantes, lo permanente del cambio técnico fue mejor encarado por el primero que por el segundo.

A lo largo de la primera mitad de este siglo, la investigación cambió de escala, en todos sus aspectos y particularmente en lo que tiene que ver con la gente que se dedica a ella.

Las dimensiones del esfuerzo científico han aumentado en el siglo XX de un modo casi incomparable. En 1896 existían aproximadamente unas 50 mil personas dedicadas a la continuación de la tradición científica, de las cuales sólo unas 15 mil tenían a su cargo el progreso del saber por medio de la investigación. 66 años más tarde el número de los

investigadores científicos no era inferior al millón, y el total de los trabajadores científicos en la industria, la administración y la educación es casi imposible de determinar con seguridad pero debía aproximarse a los dos millones de personas.

En un plazo relativamente corto, la investigación en sentido amplio pasó de ser la actividad de un puñado de personas —que la desempeñaban a menudo de manera individual, informal y hasta honoraria— a convertirse en la tarea profesional y en varios sentidos estandarizada de mucha gente, que trabaja en lo que ha llegado a ser uno de los centros neurálgicos de la economía y de la vida contemporánea en general. Esta masificación y profesionalización de las tareas de I+D, y su conversión en el cimiento de las actividades productivas más dinámicas, constituyen efectivamente una llamativa mutación socio-económica.

11. Sobre las cambiantes relaciones entre ciencia, tecnología y producción

Es sugestivo mirar con una perspectiva algo mayor las transformaciones de los lazos entre investigación y producción. Esquemáticamente, los siglos XVI y XVII constituyen el periodo del nacimiento de la ciencia moderna, mientras que los XVIII y XIX conforman la etapa del surgimiento y expansión de la industria en el sentido moderno de la palabra. Pues bien: Si se compara la Revolución científica de los siglos XVI y XVII y la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX se advierte un cambio radical en la relación existente entre la ciencia y la vida económica. En el primer periodo, el recurso a la ciencia y la respuesta efectiva de ésta se daban en un frente muy limitado, que escasamente iba más allá de la astronomía y la navegación. En el segundo, en cambio, ese frente comprende todo el ámbito de la actividad industrial: maquinaria; energía, transporte, productos químicos y municiones. Correspondientemente la ciencia del primer periodo se ocupó principalmente de los nuevos instrumentos para investigar la naturaleza —telescopios, microscopios, termómetros y barómetros— y del análisis matemático necesario para diseñar experimentos e interpretar sus resultados. Aunque, naturalmente, en el segundo periodo se siguió desarrollando el instrumental, "nuevas máquinas —de vapor, turbinas, dínamos, motores eléctricos e instalaciones químicas—, todas ellas diseñadas no ya para investigar la Naturaleza sino para cambiarla, fueron producto característico de los siglos XVIII y XIX."

Así, el centro de gravedad de la actividad científica fue desplazándose de la búsqueda de conocimientos a un creciente papel en las actividades técnico-productivas.

Como ya se ha destacado, la historia de la industrialización es también la del surgimiento y desarrollo de una tendencia fundamental: la cada vez más estrecha unión entre Ciencia y Tecnología, encarnada en el cambio en las condiciones de trabajo de dos grupos humanos cuyo número e importancia no ha dejado de crecer desde entonces, pues como dice Bernal "los científicos se convirtieron en ingenieros y los ingenieros adquirieron conocimientos científicos".

Esa unión constituye un fenómeno relativamente nuevo, pues ambas actividades eran bastante independientes la una de la otra en los tiempos primeros de la Revolución Industrial, cuando por cierto la influencia que ejercía la tecnología sobre la ciencia era considerablemente mayor que la inversa. Resumiendo su visión del tema, dice Freeman que el contacto entre la ciencia y la industria durante el siglo XVIII y los comienzos del siglo XIX era esporádico y asistemático; aunque ocasionalmente algunos científicos eran consultados en torno a problemas industriales, pocas empresas contrataban establemente a científicos, y éstos eran en conjunto muy pocos; así, numerosas invenciones e innovaciones en la industria textil, la metalurgia o el ferrocarril debieron, poco o nada a la investigación científica, y se basaron esencialmente en la experiencia práctica de ingenieros y artesanos.

La incidencia de la tecnología y de las cuestiones surgidas del ámbito productivo nunca ha dejado de ser relevante para el avance de la ciencia, pero desde mediados del siglo pasado la investigación científica viene a su vez cobrando influencia creciente sobre el desarrollo económico.

Es instructivo considerar tal proceso en relación tanto a la oferta como a la demanda de conocimientos. Por un lado, las escuelas de ingeniería, que comenzaron a difundirse desde comienzos del siglo XIX, fueron ofreciendo a la industria personas dotadas de cierta preparación específica y entrenadas para el análisis de algunos tipos de problemas, lo cual fue quizás lo más importante de su contribución.

Desde el punto de vista de la demanda, conviene anotar que algunas de las ramas más dinámicas, y por entonces nuevas —como la química orgánica y la ingeniería eléctrica— plantean por su propia naturaleza requerimientos que rápidamente desbordan los conocimientos que pueden proporcionar el empirismo, la tradición y el sentido común; son, en sí mismas, demandantes de ciencia. Glosando una vez más a Freeman, anotemos que, si bien científicos e inventores que eran también empresarios jugaron un papel señalado en diversas ramas de la química y en la ingeniería mecánica, con el crecimiento de las industrias de colorantes y de ingeniería eléctrica que cambió el modelo de la vinculación entre la ciencia e industria, abriéndose paso uno nuevo, que se consolidaría en este siglo, particularmente en la electrónica, la producción de materiales sintéticos y las plantas de flujos continuo. En estas ramas, los productos y procesos originales se basaron casi por entero en descubrimientos y teorías científicas, e incluso las mejoras y modificaciones cotidianas pasaron a depender crecientemente del trabajo de laboratorio y de la comprensión de los principios científicos involucrados.

Más en general, al crecer a lo largo del siglo pasado la escala de la producción, la precisión en el manejo de materiales y de la energía se convirtió en cuestión económica vital: "más que nunca se insistía en la medición, y los mismos instrumentos de medida se contaban entre las aplicaciones más ingeniosas de los principios científicos puros a las necesidades industriales". Ello constituyó pues un poderoso estímulo para la interacción entre teoría científica y práctica productiva, que tan dinámica se ha mostrado desde hace un siglo y medio. Ejemplo notable de ese tipo de colaboración lo constituyó la turbina a vapor de Parsons, de la que se ha dicho que exigía una combinación de "todos los recursos disponibles de las matemáticas, la ciencia, y el diseño de maquinaria".

Por supuesto, para la vinculación entre ciencia y tecnología, el establecimiento de los departamentos de I+D en empresas que se contaban entre las más dinámicas ofreció un escenario privilegiado. El éxito de las diversas modalidades de "apuesta a la ciencia" impulsó el financiamiento industrial de la investigación, no sólo de la aplicada sino a la larga también de la fundamental. "Esta relación cognitiva entre ciencia y práctica aceleró enormemente el ritmo de las invenciones. La expansión autónoma de las fronteras del conocimiento no sólo produjo todo tipo de frutos prácticos inesperados, sino que la industria pasó a poder hacer encargos especiales a los laboratorios, del mismo modo que un cliente hace un encargo a una empresa.

Así se fue gestando un proceso característico del desarrollo económico vivido en el siglo XX: el auge de una industria de tipo nuevo, basada fundamentalmente en la ciencia, y la paralela industrialización de la propia producción científica.

Segunda parte:

Los desafíos de la innovación

El surgimiento de la industrialización debió no poco a la expansión imperial del Occidente y, obviamente, la reforzó. Esta se volvió irresistible durante el primer periodo de crecimiento industrial, como debieron reconocerlo aún naciones de tan antigua, sofisticada e ininterrumpida tradición cultural como Japón y China. En los comienzos del segundo ciclo de crecimiento industrial, las naciones occidentales pudieron proceder al reparto del mundo, distribución que pronto revisaron mediante las armas. Esa revisión y su revancha, desplegadas en dos Grandes Guerras, entrecruzaron su historia con la del surgimiento de proyectos industrializadores alternativos a los escenificados en Occidente, y específicamente orientados a cuestionar su predominio.

Tal objetivo vertebra la evolución del Japón desde hace ya bastante más de un siglo. En el atardecer de la Gran Guerra del '14, la Revolución de Octubre inicia un proceso que llegará a poner frente a frente un Primer Mundo capitalista, que nunca ha dejado de ser el corazón del progreso tecnológico, y un Segundo Mundo caracterizado por la hegemonía incuestionada de un Estado tensionado al máximo por la meta de la industrialización acelerada. Después de la Gran Guerra del '39, entra en escena ese Tercer Mundo tan heterogéneo, cuya característica común se reduce al atraso; y cuya personalidad se define precisamente por el propósito de superarlo.

En ese contexto cobrarán vuelo la teoría del desarrollo y las diversas estrategias para hacerlo realidad, a todo lo cual serán bastante notorios los aportes pensados desde América Latina, particularmente durante los años '60 y comienzos de los '70. Pero el subdesarrollo latinoamericano no se verá mayormente afectado por las propuestas que en esa época emanaron de la CEPAL, los teóricos de la dependencia u otras variantes de lo que, visto con perspectiva y en su rica diversidad, puede ser incluida dentro de una misma corriente de pensamiento, la escuela "clásica" tercermundista en la teoría del desarrollo.

Tampoco será duradero, sino más bien decreciente, el impacto de propuestas afines en otras áreas de la periferia. Por el contrario, los enfoques de tipo "clásico" fueron perdiendo lugar frente a la corriente de pensamiento que amigos y enemigos han coincidido en bautizar como la "contrarrevolución" en la teoría y la práctica del desarrollo. John Tøye resume sus rasgos diciendo que los diversos enfoques que componen esa corriente tienen en común su oposición a las teorías del desarrollo estructuralistas, keynesianas o nekeynesianas, así como al uso de la planificación económica o de la ayuda al desarrollo, y comparten la convicción de que la problemática del desarrollo sólo puede ser resuelta por un sistema caracterizado por el libre juego del mercado y por un gobierno que asuma un mínimo de funciones. Para ciertos autores de esta corriente, el Tercer Mundo —o el mundo subdesarrollado, o el Sur...— no son sino creaciones de Occidente y, más específicamente, de la ayuda externa, pues recibirla es lo único que tienen en común los países de ese conjunto: sin ayuda externa, llegan a afirmar, no habría Tercer Mundo.

Durante los años '70, el "Nuevo Orden Económico Internacional" se constituyó en proyecto vertebrador del progresismo periférico. Su fracaso, evidente desde comienzos de la década pasada, signó el desdibujamiento del Tercer Mundo.

Paralelamente, junto al auge del Japón, cobraron envergadura ciertos procesos que desbordan los enfoques clásicos del pensamiento acerca del desarrollo. Nos referimos al "irresistible ascenso", a lo largo de trayectorias imprevistas, de los nuevos países industrializados del Extremo Oriente y, sobre todo, a la nueva constelación de cambios tecnológicos. Esta última ha provocado una suerte de reacción en cadena.

En el Tercer Mundo, hizo patente la fundamental dimensión tecnológica de la dependencia respecto al capitalismo

avanzado. La historia de los años '70 —en Indochina, en África, en América Central— sugería que la quiebra de esa dependencia a nivel político constituía un fenómeno mayor; al que podría seguir la superación de la misma a nivel económico. Ello no ha sucedido. Por el contrario, entraron en crisis las diversas variantes de los estatismos nacionalistas del Tercer Mundo, incluso aquellos que en su momento disfrutaron de la lluvia de recursos provenientes del petróleo. Por otra parte, poco fructíferas han resultado —es lo menos que puede decirse— las recetas de los teóricos de la contrarrevolución en el pensamiento y la práctica sobre el desarrollo.

En el Segundo Mundo, la aceleración del cambio técnico puso al desnudo su inadecuación —económica, política y cultural— para afrontar los desafíos de la innovación, lo que le hizo perder pie en la carrera con Occidente y sumirse en el estancamiento, los intentos por salir del cual precipitaron un derrumbe tan inesperado como impresionante.

E incluso en el Primer Mundo, centro dinámico del cambio técnico y por ende su principal beneficiario, la reacción en cadena se ha hecho sentir. Atrás quedaron las tres décadas de auge económico y social; el alto desempleo parece ya estructural; y las desigualdades, nuevas o viejas, tienden a acentuarse.

Sea como sea, se ha hecho evidente nuestra escasa capacitación para encarar las vinculaciones del cambio técnico con el desarrollo y, más en general, para construir nuevas alternativas ante los desafíos de la innovación.

Las antiguas expectativas se han derrumbado. Hay que limpiar de escombros el terreno y decidirse a ensayar construcciones más a tono con las lecciones del pasado y los reclamos del futuro.

2a. Sobre los factores del crecimiento económico

La reflexión acerca de las estrategias para el desarrollo de los países periféricos ha pagado pesado tributo a la relativa marginación que durante largo tiempo padeció la temática de la innovación en el mundo del pensamiento económico.

Refiriéndose a ello en las primeras páginas de *La economía de la innovación industrial* —libro reputado que ya hemos glosado más de una vez— Freeman señala que los economistas, al descuidar los procesos de invención e innovación, han

sido víctimas de un enfoque que no toma en cuenta el flujo de nuevos conocimientos y se concentra en el análisis de corto plazo de las fluctuaciones en la oferta y la demanda de bienes y servicios. Así, aún cuando a partir de los años '50 aumentó su interés por los problemas del crecimiento económico, su atención no dejó por lo general de concentrarse en los tradicionales inputs de trabajo y capital, mientras que el "progreso técnico" era visto como un factor "residual", bajo el cual se englobaban contribuciones al crecimiento de la importancia de la educación, la gestión y la innovación tecnológica. Aunque su importancia no era negada, el progreso técnico permaneció durante largo tiempo en los márgenes y no en el centro del análisis económico. Ahora bien, según el mismo autor, no sería poco razonable ver a la educación, la investigación y el desarrollo experimental como los factores básicos del proceso de crecimiento, relegando a la inversión de capital al papel de un factor intermediario. En esta perspectiva, el proceso de inversión es tanto uno de producción y distribución de conocimiento como de producción y uso de bienes de capital, los que simplemente corporizan el avance de la ciencia y la tecnología.

Este enfoque parece ir más allá de las formas y apuntar a ciertos rasgos centrales de la dinámica interna del crecimiento. No le faltan por cierto puntos de apoyo en la experiencia histórica, según surge aún de una exposición rápida, como la presentada en la primera parte de este trabajo. En esa dirección apunta Landes, hacia el final de su obra fundamental que nos ha servido de guía: "Irónicamente, hubo una época, no hace mucho tiempo, en que pocos economistas le concedían demasiada importancia a la tecnología, la calificación laboral, la organización y el espíritu empresariales. Sólo fue cuando, al ajustar las cifras de la contabilidad nacional con distintas funciones de producción, quedó demostrado que los inputs tradicionales sólo podían explicar una parte del crecimiento económico, que se abandonó la tradicional indiferencia ante lo que se había visto hasta entonces como consideraciones externas. Incluso en este caso, para algunos la nueva revelación se hizo difícil de aceptar, en parte por temor a lo desconocido y en parte porque no es fácil tratar estos elementos con las técnicas de análisis tradicionales, o integrarlos dentro del cuerpo de teoría establecido. No obstante, los mejores economistas se han interesado con entusiasmo por esta nueva área de investigación, intentando domesticar (uso este término deliberadamente) e incorporar dentro de un marco analítico a toda una gama de factores cualitativos recalcitrantes: éstos van desde las consecuencias educativas y científicas de los nuevos conocimientos, pasando por la transmisión de este conocimiento a las aplicaciones económicas, hasta la calidad de los agentes (lo que suele llamarse "capital humano"), de las instituciones y de las decisiones empresariales que gobiernan su actuación. En el mundo de la postguerra, el más prominente de estos elementos ha sido el del conocimiento —el crecimiento del saber científico y su traducción en un conjunto impresionante de nuevos productos y técnicas"—.

Fue precisamente durante el periodo que siguió a la II Guerra que los países más desarrollados vivieron una expansión realmente sin precedentes que duró casi treinta años, los "treinta gloriosos" tan mencionados. A comienzos de la década de los setenta se abrió de manera bastante inesperada una crisis profunda, algunas de cuyas secuelas habrían de revelarse persistentes, como las que se refieren a la problemática del empleo. Paralelamente, se asistió a una nueva

aceleración del cambio técnico, proceso cuyas relaciones con la evolución de la crisis están lejos de ser simples pero son sin duda relevantes. Ambos fenómenos trajeron al primer plano la preocupación por la innovación, al nivel de la economía y al de la política.

2b. El papel de lo nuevo

El estudio económico del cambio técnico ha sido impulsado, en especial, por varios investigadores que en la materia reconocen su deuda con el enfoque pionero de Schumpeter. Este fue elaborado a lo largo de prolongados estudios, y se ha llegado a distinguir en el mismo dos etapas: una primera en la cual el empresario individual desempeña el papel central en la innovación, y otra posterior, en la que ese papel pasa a ser desempeñado dentro de la gran empresa. En todo caso, el surgimiento de las innovaciones tiene un carácter discontinuo, y aún explosivo, con fuerza suficiente para desestabilizar el funcionamiento de la economía y exigir grandes esfuerzos de adaptación a las nuevas condiciones.

Esta visión parece especialmente penetrante cuando se trata de comprender ciertos rasgos diferenciales de nuestro tiempo. Comentandola, Freeman subraya que las industrias más intensivas en I+D son las que presentan tasas de crecimiento excepcionalmente altas en el siglo XX, antes del cual la mayoría —electrónica, aviación, productos farmacéuticos, instrumentos científicos, materiales sintéticos— simplemente no existían. Resulta bastante obvio, agrega, que esas tasas se ligan a un flujo especialmente grande de innovación tecnológica en materia de nuevos productos y de nuevos procesos así como al acelerado ritmo de difusión de tales innovaciones en el seno de la economía mundial. Las diferencias observadas en las tasas de crecimiento de la producción y de la productividad se relacionan sistemáticamente con la intensidad de I+D y con las modalidades del cambio técnico.

Nos parece pues que la inspiración original de Schumpeter puede constituir un aporte fecundo para la tarea de repensar la problemática del desarrollo a la luz de las transformaciones tecnológicas en curso y, más en general, del papel que juega la innovación, que ha devenido permanente sin dejar de ser turbulenta. En esta sección nos ocuparemos pues de su temprana obra sobre la teoría del desarrollo económico, considerada clave de su pensamiento, aunque la primera versión de la misma fue concluida en 1911, cuando el autor no tenía aún treinta años.

En el prólogo preparado para la edición en español de 1941 dice Schumpeter: “Clasificando todos los factores que pueden ser causantes de cambios en el mundo económico, he llegado a la conclusión de que, aparte de los factores externos, existe uno puramente económico de importancia capital, y al que yo he dado el nombre de innovación. He tratado de demostrar que el modo en que aparecen las innovaciones y en que son absorbidas por el sistema económico es suficiente para explicar las continuas revoluciones económicas que son la característica principal de la historia económica.”.

Y agrega, sintetizando una imagen dinámica, discontinua incluso, del discurrir de la vida económica —poco compatible, por cierto con los enfoques más convencionales—: “Mis teorías pueden ser equivocadas; mis esquemas, con seguridad, no son más que una de tantas posibilidades: pero hay dos cosas de las que estoy seguro: primero, que se debe tratar al capitalismo como un proceso de evolución, y que todos sus problemas fundamentales arrancan del hecho de que es un proceso de evolución, y, segundo, que esta evolución no consiste en los efectos de los factores externos (incluso factores políticos) sobre el proceso capitalista ni en los efectos de un lento crecimiento del capital, de la población, etc., sino en esa especie de mutación económica: me atrevo a usar un término biológico, a la que he dado el nombre de innovación.”.

Si muchos economicistas de este siglo podrían sentirse ajenos a semejante enfoque, seguramente no les sucedería lo mismo a algunos de los más grandes de los siglos pasados, Marx entre ellos.

Al no reconocer que las alteraciones en la técnica y en la organización productiva requieren un análisis especial, la "teoría económica tradicional" resulta poco satisfactoria para comprender el desarrollo. Este, para Schumpeter, es algo muy específico: sintéticamente, consiste en la aparición en producción de lo nuevo. Más en detalle: “Producir significa combinar materiales y fuerzas que se hallan a nuestro alcance. Producir otras cosas, o las mismas por métodos distintos, significa combinar en forma diferente dichos materiales y fuerzas. En tanto que pueda surgir la "nueva combinación" de la anterior por el ajuste constante a pasos pequeños, existe indudablemente cambio, y posiblemente crecimiento, pero no pactemos hablar de un fenómeno nuevo, ni de desarrollo en nuestro sentido. En la medida en que no sea éste el caso, y que las nuevas combinaciones aparezcan en forma discontinua, podremos afirmar encontrarnos ante los fenómenos que caracterizan al desarrollo. En consecuencia, solamente nos referiremos a este último caso cuando hablemos de nuevas combinaciones de medios productivos, por razones de conveniencia expositiva. El desarrollo, en nuestro caso, se define por la puesta en práctica de nuevas combinaciones.”.

Se habrá notado algo que, empero, conviene subrayar: las "nuevas combinaciones" no se identifican con la introducción de nuevas técnicas; pueden tener lugar, por ejemplo, en la organización de la producción. Este enfoque no lleva necesariamente a ver a la tecnología como el determinante o el primer motor de la vida económica, sino que abre espacios para una concepción plurifacética del papel de la innovación, incluso a nivel institucional.

Es en relación a la introducción de lo nuevo que se define el empresario según Schumpeter, cuya autoridad suele invocarse al usar el vocablo aún cuando se esté manejando un concepto que no coincide con el del autor. "Llamemos 'empresa' a la realización de nuevas combinaciones, y 'empresarios' a los individuos encargados de dirigir dicha realización". La definición es más restringida que la usual, pero también más amplia: "empresario" puede ser un empleado. Cualquiera sea el tipo, solamente se es empresario cuando se "llevan efectivamente a la práctica nuevas combinaciones", y se pierde el carácter en cuanto se ha puesto en marcha el negocio; cuando se empieza a explotar igual que los demás explotan el suyo. Este es naturalmente la regla, y es en consecuencia tan raro que una persona conserve durante toda su vida el carácter de empresario, como lo es para un hombre de negocios no ser empresario, ni aún siquiera un momento y en forma modesta, durante todo el curso de su vida.

Es interesante señalar que Schumpeter resume su posición global mediante tres pares de oposiciones: "Primero la oposición entre dos procesos reales: la corriente circular, o la tendencia al equilibrio, de un lado, y una alteración de los canales de la rutina económica, o de los datos económicos que resultan del propio sistema, de otro. En segundo lugar la oposición entre dos aparatos teóricos: la estática y la dinámica. En tercer lugar la oposición entre dos tipos de conducta, que podemos representar, siguiendo a la realidad, por dos tipos de individuos: los simples gerentes y los empresarios.".

Estas alternativas polares existen en el mundo de la práctica y tienen su validez en el de las ideas. Los "simples gerentes" administran el funcionamiento relativamente rutinario de la economía, la denominada "corriente circular" con sus tendencias al equilibrio de las que la economía neoclásica ofrece un modelo. Por su parte, los "empresarios" fracturan los equilibrios mediante la introducción de esas "nuevas combinaciones" que constituyen el desarrollo, cuya comprensión demanda una teoría dinámica en un sentido muy fuerte de la palabra: una teoría de lo que no tiene un funcionamiento de tipo periódico sino esencialmente cambiante, pasando de una etapa a otra que no puede ser vista como una reproducción eventualmente ampliada de la anterior.

Por cuenta nuestra podríamos todavía notar que, si el "empresario" de Schumpeter no tiene por qué ser un empresario en el sentido corriente de la palabra, tampoco parece necesario que sea un actor individual. Sin desmedro del aporte personal, es propia de nuestra época la creciente relevancia de lo colectivo en la introducción de lo nuevo. Ejemplo ya reiteradamente mencionado de ello lo ofrece el proceso de generación y aplicación de conocimientos científicos. Cabe pues apuntar a una concepción del desarrollo que atribuya centralidad a los actores del proceso social de innovación.

En definitiva, el gran tema de la obra que estamos reseñando es la introducción de lo nuevo, su rol fundamental en la vida material, y las trabas sobre todo de índole espiritual que a ello se oponen.

No es sólo objetivamente más difícil realizar algo nuevo que lo habitual y lo que ha sido probado por la experiencia, sino que el individuo siente repugnancia por ello, y la sentiría aún si no existieran las dificultades objetivas. Igual ocurre en todos los campos. La historia de las ciencias es una gran confirmación de las dificultades que impone la adopción de un nuevo punto de vista científico, o de un nuevo método. El pensamiento vuelve una y otra vez a sus caminos trillados, a pesar de que se hayan revelado como ineptos, y aún cuando la innovación adecuada no presente dificultades particulares. La propia naturaleza de los hábitos fijos del pensar, y su función ahorradora de energía, se funda en el hecho de que han llegado a ser subconscientes, dan sus resultados automáticamente y a prueba de crítica, y aun de contradicción, por parte de los hechos individuales. Pero es precisamente a causa de esto por lo que se transforman en pesadas cadenas una vez que ha pasado su utilidad. Y así ocurre también en el mundo económico. Las fuerzas del hábito se rebelan y se enfrentan al proyecto en embrión de quien pretende acometer algo nuevo. Es necesario, por tanto, un nuevo esfuerzo de la voluntad, para conseguir a pesar del trabajo y las preocupaciones de la vida diaria, tiempo y alcance para la concepción y aplicación de nuevas combinaciones, llegando a verlas como posibilidades y no como un soñar despierto. Esta libertad mental presupone un gran excedente de fuerzas sobre las demandas diarias, y es rara y peculiar por naturaleza.

Schumpeter sostiene con énfasis que la aplicación de un progreso cualquiera es tarea esencialmente distinta de su invención, por lo cual lo que él denomina "empresario" y el "inventor" son figuras muy diferentes, más allá de que en algunos casos puedan coincidir la misma persona. Más aún, las innovaciones que los empresarios practican pueden no tener nada que ver con invención alguna.

En esta visión, los motores del desarrollo deben vincularse prioritariamente a las motivaciones del empresario, de las que se destacan tres: la ambición de poder, la voluntad de luchar y el gozo de crear. La propiedad privada resultaría esencial sólo en relación al primer tipo de motivos. A su vez, los rasgos inherentes a la sociedad "adquisitiva", la necesidad de crear fondos para la inversión, y en particular el carácter objetivo de la ganancia hace a ésta muy difícilmente reemplazable como motor del desarrollo. A esta altura, empero, Schumpeter anota un comentario sugestivo: "Sin embargo, es cierto que el segundo y tercer grupo de motivos del empresario podrían ser sustituidos por alguna organización de la sociedad, que no presupusiera la ganancia privada como resultado de la innovación económica. La clase de estímulos con que pudieran sustituirse esos motivos de la actividad del empresario, y la forma en que se conseguiría que operaran satisfactoriamente, así como lo hacen los capitalistas, queda fuera de nuestro tema. Los

reformadores sociales no prestan bastante atención a estos puntos y los ignoran totalmente los partidarios del radicalismo fiscal. Pero no son insolubles, y pueden ser determinados por la observación detallada de la psicología de la actividad del empresario, al menos para lugares y momentos dados.

La cuestión no puede ser marginada de los debates orientados a la renovación de los proyectos para el desarrollo, pues los estímulos a la innovación constituyen probablemente el mayor problema a encarar en ese campo. En efecto, en términos sumarios y a cuenta de mayor cantidad, notemos que la esterilidad de las estrategias "tercermundistas" para el desarrollo tan en boga hace un cuarto de siglo, y más aún el estrepitoso derrumbe del modelo soviético, pueden ser vistos desde un cierto ángulo como el resultado de su impotencia para fomentar la innovación. Hasta podría aventurarse que las dificultades que en los últimos años llegaron a poner en entredicho al tan exitoso "modelo sueco" tienen muchísimo que ver con esta cuestión. A la inversa, los impulsos a la innovación de corte típicamente "capitalista" no sólo parecen dar dividendos colectivos escasos en la periferia y agravar los problemas sociales, incluso en los países centrales, sino que además suscitan serios riesgos de naturaleza ambiental. Los motores subjetivos del desarrollo están en entredicho. Nuevas formas de estimular el surgimiento de lo nuevo: quizás la expresión no sea un mal resumen de un problema central de fines del siglo XX.

2c. El complejo electrónico: ciencia e industria en el siglo XX

La microelectrónica, la computación y las telecomunicaciones —a cuyo conjunto suele denominarse complejo electrónico— se han constituido a lo largo de esta centuria en foco principalísimo de surgimiento de "cosas nuevas", con impresionante capacidad de irradiación hacia los más variados ámbitos de la actividad humana, en los que suelen inducir alteraciones mayores. Han llegado a ser por ello la referencia central de gran parte de las reflexiones contemporáneas vinculadas a la temática "ciencia, tecnología y sociedad". Según Freeman, la introducción de computadoras electrónicas eficientes de bajo costo constituye la más revolucionaria innovación tecnológica del siglo XX. No es exagerado decir, en todo caso, que el "complejo electrónico" es una ilustración inmejorable de los desafíos —económicos, políticos y culturales— que supone la innovación en nuestra época.

Al ocuparse del progreso tecnológico entre las dos guerras mundiales dice Landes: "la radio fue el primer producto de una nueva tecnología electrónica que desde entonces se ha desarrollado más allá de lo previsible por sus creadores y continúa dando lugar a innovaciones de importancia económica extraordinaria. Algunos incluso la consideran como precursora de una nueva Revolución Industrial. Por otro lado, pocas experiencias ilustran tan bien las características más importantes del avance tecnológico moderno y, en particular, la combinación entre investigación de grupo y genio individual, entre búsqueda sistemática y, descubrimiento fortuito."

En la década de 1860, Maxwell estableció las bases de la teoría de las ondas electromagnéticas. Dos décadas después Hertz verificó su existencia transmitiendo impulsos electromagnéticos a cortas distancias. El trabajo sistemático en I+D comenzó en 1897 cuando Marconi, prototipo del inventor-empresario, estableció en Landis su compañía de telegrafía sin hilos.

La fidelidad de Hertz a la ciencia pura, frente a la aplicada, era tan fuerte que nunca imaginó el valor potencial de su trabajo para las telecomunicaciones. Pero otros tomaron su lugar, y no hay prueba más significativa de las mejoras habidas en la experimentación científica y la comunicación intelectual que la rapidez con que los avances en este campo se difundieron de un país a otro.

J.A. Fleming —profesor del University College de Londres y consultor de la compañía de Marconi— introdujo el diodo durante 1904, en Inglaterra, y Lee De Forest hizo lo propio en Estados Unidos con el triodo de malla durante 1906-7. El funcionamiento de éste era empero insatisfactorio; fue en 1912-13 que se produjo, en los laboratorios de investigación de la American Telephone and Telegraph —que había comprado patentes a De Forest— y de la General Electric, una eficiente "válvula resistente" o tubo de vacío. El mismo "se convirtió en el núcleo de los instrumentos principales de la comunicación sin hilos", aunque "cada uno de ellos siguió su propia línea de investigación, invención y desarrollo". Se abrió así el camino para la irrupción de la radiodifusión comercial: "La emisión regular de programas recreativos empezó en 1920 en Estados Unidos y Holanda y en 1922 en Gran Bretaña. A pesar del coste relativamente alto de los receptores, las ventas crecieron de forma espectacularmente rápida. En los Estados Unidos, los 110.000 aparatos de 1922 pasaron a ser 550.000 en 1923, 1.500.000 en 1924 y alcanzaron una primera cota máxima de dos millones en 1925."

El impacto productivo y económico de ello no es difícil de imaginar, pero seguramente fue mayor su importancia social y cultural: "la radio es un ejemplo excelente de lo que podrían llamarse lujos inversos a la renta o status, es decir, un producto cuya utilidad varía inversamente con la renta, por lo que es adoptado con mayor rapidez por los pobres que por los ricos (la televisión es quizá un ejemplo incluso mejor). Para aquellos a quienes sus recursos les permitían un amplio margen de diversión y distracción, la radio fue solo una fuente más de entretenimiento, por importante que fuera. Para quienes disponían de menores recursos, la radio se convirtió rápidamente en la diversión principal, y la audición de ciertos programas casi adquirió un carácter de ritual".

Ello ha sido espléndidamente pintado por Woody Allen en su película *Días de radio*. Y más en general, ¿qué actividad social no se ha visto trastocada por la radio y, después, por la televisión?

Por otra parte, el desarrollo de la radio es característico de las condiciones del avance tecnológico durante la primera mitad de este siglo. Dice Landes “Pocos utensilios ilustran tan bien la naturaleza de este proceso: las múltiples contribuciones, provenientes de varios países y a veces simultáneamente: el flujo de ideas de la ciencia a la ingeniería y de ésta al mundo de los negocios; la función de la investigación de grupo y financiada; el alto rendimiento de las rivalidades tecnológicas. La radio era testimonio de un ámbito de conocimiento que compartía un acervo común de ideas, cifras y métodos; un mundo, además, en el que la mejora de las comunicaciones y la profesionalización de la ciencia y la ingeniería habían acelerado enormemente la difusión de cada idea nueva y de cada avance.”.

Se trabajaba ya en lo que han llegado a ser las condiciones habituales de la investigación, pero todavía quedaba espacio para sustantivas contribuciones de inventores individuales, como Guillermo Marconi, Lee De Forest, Reginald Fessenden y Edwin H. Armstrong. “Estos fueron, sin embargo, un nuevo tipo de inventores, mejor preparados en cuestiones científicas que sus antecesores de los siglos XVIII y XIX; la electrónica era demasiado esotérica para permitir empirismos ingenuos”. De Forest se doctoró en Yale con una tesis sobre la telegrafía sin hilos; Fessenden y Armstrong fueron profesores, este último en la Universidad de Columbia de 1934 a 1954. Pero otro factor no dejó de ser relevante: “Como Marconi y Fessenden, Armstrong tuvo su propia obstinación de genio, que le permitió defenderse de la indiferencia y hostilidad del mundo de los negocios, más que de la desesperanza de la ciencia. Su invención de la frecuencia modulada en 1933 fue rechazada por la Radio Corporation of America y combatida por las grandes compañías de radiodifusión. No obstante, gracias a un amigo que le apoyaba consiguió ser escuchado por la pequeña cadena Yankee, de Nueva Inglaterra, y las preferencias de los consumidores hicieron el resto.

El desarrollo de la radio ilustra también el papel del Estado y de las grandes empresas en el cambio técnico contemporáneo. Hasta fines de la I Guerra las compañías dominantes en la industria eran británicas —del grupo Marconi en primer lugar— y alemanas. Estas habían comenzado algo más tarde a ocuparse del rubro, pero recibieron sólido apoyo del Estado —a impulsos de la Marina— quien las convenció de colaborar en ciertos aspectos; así surgió Telefunken en 1903. Ella y Marconi desarrollaron sólidas posiciones en materia de patentes, bien organizados programas de I+D, aptitudes para aprovechar los avances que otros introdujeran servicios técnicos para sus clientes y escuelas para formar radioperadores —en 1901 Marconi abrió la primera de las suyas—. Como otras innovaciones mayores, la radio no resultó rentable por bastante tiempo: pasaron 13 años desde su fundación hasta que la compañía Marconi pudo pagar dividendos, en 1910. También cabe subrayar que Telefunken aventajaba a Marconi tanto por la solidez de sus recursos financieros como por lo sistemático del apoyo gubernamental. En Estados Unidos una empresa especializada en la electrónica y realmente exitosa surgió recién con la fundación de la RCA en 1919, como compañía unificada de propiedad americana, promovida por el gobierno —también función de la óptica de la Marina, para la cual era inaceptable el control de una red comunicacional por una empresa extranjera, aunque fuera de una potencia amiga, como era el caso de Marconi—. Notemos, para concluir esta sinópsis del surgimiento de la industria de la radio, que las trabas ya mencionadas que encontró Armstrong incidieron en que la primera red experimental de frecuencia modulada no fuera establecida en su país, sino por Telefunken para el ejército alemán en 1936.

La televisión pasó del laboratorio a la distribución comercial durante la década de 1930, durante la cual las grandes compañías —en particular la RCA— afrontaron problemas en materia de desarrollo de una escala tal que no podrían haber sido resueltos sin los recursos de una organización comparativamente grande. Ello resulta aún más notorio para el caso de la televisión a color, que la RCA llegó a hacer rentable en 1960. En este rubro, quizás lo más importante a destacar es la capacidad del Japón —un actor muy menor del magnífico libro que Landes escribió en los años '60— para colmar su rezago y alcanzar, hacia fines de los '70, un indiscutible primer lugar. Las causas de tal éxito se relacionan con la superior productividad —a su vez ligada al enfoque integrado de la automatización así como a la formación intensiva de los trabajadores— y con la capacidad de innovación, en este caso apoyada en un esfuerzo de investigación realizado a partir de 1966 en conjunto por varias empresas, universidades e institutos de investigación con la promoción del Ministerio para la Industria y el Comercio, MITI.

El conjunto de investigaciones ligadas con el radar (Radio detection and ranging) recibió altísima prioridad a partir de los años previos a la II Guerra y particularmente en el curso de ésta. Amplios recursos, relativa libertad para el trabajo de los equipos de desarrollo y el involucramiento de los mejores científicos dieron como resultado en Gran Bretaña “un flujo extraordinariamente rápido y exitoso de nuevos métodos y equipos, sin precedentes en la historia de la industria”. En este campo, la carrera espacial y la inversión militar promovieron importantes desarrollos durante la postguerra. “Con un gasto de la NASA en los años '60 equivalente al gasto total en I+D de un país europeo grande, los Estados Unidos tenían un incuestionado predominio técnico en el conjunto de esta área, que se mantuvo en los '80 a pesar de crecientes esfuerzos europeos y japoneses.

Freeman inicia su estudio del desarrollo de la computación con un breve párrafo cuyo interés desborda el de por sí muy grande del tema: Continuando el trabajo pionero sobre máquinas de calcular de Leibniz, Pascal, Schickard, Jacquard y otros, Babbage inició el trabajo hace más de 100 años en una "máquina analítica" que ya incluía todos los rasgos principales de la computadora moderna. Babbage había recibido uno de los primeros grandes "grants" para desarrollo del gobierno, el que alcanzaba a 17.000 libras a lo largo de 20 años para desarrollar su "máquina de diferencias", pero ni ésta (una máquina de calcular con propósito específico) ni su máquina analítica (de propósito general) fueron nunca completadas, porque los componentes y técnicas disponibles eran inadecuados para tales objetivos.

También en la computación fue la II Guerra un gran estímulo para el desarrollo. Lo notable es que, antes de 1950, en general no se creía que hubiera demanda comercial para las computadoras. Esta era la opinión del propio presidente de la IBM, Thomas Watson, quien además pensaba que la máquina exhibida en sus oficinas de Nueva York podía resolver todos los problemas del mundo vinculados con cálculos científicos. Casi toda la demanda inicial en los Estados Unidos tuvo origen militar; tanto en la industria como en el gobierno se pensaba fundamentalmente en aplicaciones científicas y bélicas; pocos encaraban el procesamiento de datos en gran escala. La IBM produjo su modelo 650 impulsada por la Guerra de Corea; su Departamento de Planificación de Producción y Ventas predijo que la misma no tendría colocación comercial ordinaria, mientras que su Grupo de Ciencia Aplicada estimó que se venderían unas 200 máquinas: llegaron a venderse 1.800 y la "650" fue conocida como el "modelo T" de la industria de la computación. "Esto muestra con mucha fuerza las limitaciones de las teorías de la demanda guiada por el mercado en materia de innovaciones radicales y el papel clave de la paciente promoción gubernamental en el período temprano de una tecnología radicalmente nueva".

En materia de componentes electrónicos, las innovaciones y mejoras han dependido fuertemente de los progresos no sólo en materia de desarrollo sino también en lo que tiene que ver con la investigación fundamental. Casi todas las compañías en esta industria dedican importantes recursos a las tareas de desarrollo, pero pocas lo hacen en relación a la investigación básica. Una de las que lo ha hecho a escala notable es la Bell Laboratories, la que ofrece un elocuente ejemplo de la "fábrica de tecnología" estudiada por Sábato y Mackenzie. En sus palabras: "La performance actual de los célebres laboratorios Bell es realmente "industrial", como lo pone de manifiesto un aviso comercial reciente de esa empresa refiriéndose al desarrollo de "burbujas magnéticas": "Inventos tales como las burbujas magnéticas no ocurren todos los días en los laboratorios de la Bell. Pero la innovación es algo que sí ocurre diariamente. Nuestras patentes sobre burbujas es una de las 19.000 que hemos recibido desde nuestra fundación en 1925. Es decir, un promedio de dos por día de trabajo."

Allí se obtuvo el mayor de los avances en este rubro, la invención del transistor, que constituye un notable ejemplo de la interacción entre ciencia, tecnología y producción.

La Bell ya contaba con una sólida tradición de trabajo en mecánica cuántica cuando en 1945 estableció un grupo de investigación en física del estado sólido, y un subgrupo dedicado a los semiconductores. A partir de 1948 se empezaron a obtener transistores —a cuya invención estuvo directamente ligado un equipo de 13 personas— pero su conversión en productos comerciables exigió tiempo adicional y más dinero del que se había invertido en la investigación fundamental. Y su desarrollo se convertiría en "la piedra fundamental del desarrollo de la industria electrónica japonesa". En 1953, la Sony compró una licencia para un cierto uso restringido de transistores; luego, a través de su propia capacidad, modificó el paquete adquirido a la Western y produjo un transistor para ser empleado en radiotelefonía. En 1955 puso en el mercado japonés la primera radio a transistores. Eso no fue más que el comienzo, porque en 1957 presentó la primera radio a transistores de tamaño reducido, que pronto se difundiría por el mundo entero, produciendo un gigantesco impacto sociocultural".

En general, las conexiones de las empresas con la investigación son muy variadas; en las mismas juega un papel relevante la "proximidad" —geográfica pero también social y cultural— con los centros académicos, como lo mostró el famoso ejemplo del "Silicon Valley" norteamericano. Y por otra parte, como bien se sabe, esa gran capacidad de varias compañías norteamericanas para la investigación se ha construido sobre los cuantiosos apoyos de su gobierno y la sostenida demanda de sus productos que éste les garantizó, todo lo cual les supuso notables ventajas competitivas frente a las empresas europeas.

No ha sido nuestro propósito intentar siquiera un resumen telegráfico de ciertas facetas relevantes en la evolución de la electrónica sino tan sólo recordar algunas de sus características que ilustran elocuentemente las relaciones entre ciencia e industria en nuestro siglo, como lo hace la evolución de la química respecto al siglo pasado. La industria química fue a la vez estimulada y transformada por el advenimiento de la Revolución Industrial; llegó a convertirse en terreno privilegiado de encuentro entre investigación y producción; se constituyó, a partir de la introducción de los colorantes sintéticos, en ejemplo por antonomasia de los rasgos propios del segundo ciclo de crecimiento industrial. En éste surgió la industria electrónica, cuyo poder de difusión se asemeja al de la mecanización misma y se ha acelerado a partir de la introducción de los "micros"; la aparición de estos es uno de los fenómenos que estarían marcando el inicio, en los años

70, de un tercer perlado de crecimiento industrial, del cual el auge de la electrónica es a la par ejemplo paradigmático y tendencia mayor.

Ya ha pasado una década desde que Freeman afirmara que prácticamente toda actividad industrial y de servicios se ve afectada por la "revolución microelectrónica", dado que todas requieren información e incluso en muchos casos el rápido registro, almacenamiento, procesamiento y comunicación de la información es la principal función, como sucede por ejemplo en los bancos y compañías de seguros. Ejemplo aún más destacado lo constituye —valga la redundancia— la comunicación misma, trastocada durante los '80 por la "telemática", que al comenzar los '90 nos ofreció en directo el espectáculo de una guerra a domicilio.

Cabe pronosticar —sin mayor riesgo ni tampoco pretensión de originalidad— que el potencial desestabilizador de esta nueva reacción en cadena de innovaciones tecnológicas se hará aún más evidente en el futuro próximo. Quizás el ámbito de la educación se vea en extremo alterado, diferenciado, escindido, y hasta desbordado. La ciencia en el sentido moderno de la palabra creció fuera y contra la corporación de los enseñantes, la universidad medieval. No son pocos los indicios de que el centro de gravedad de la educación se va desplazando hacia afuera del sistema de instituciones de la enseñanza formal. Sea como sea, los mayores desafíos que plantea hoy la innovación tecnológica se centran en el mundo del trabajo. Su urgencia mayor —su arista más filosa— es el problema del desempleo.

Desde siempre, el cambio técnico conlleva una tendencia a la desocupación que —según las épocas, las actividades y la distribución del poder entre los sectores sociales y las naciones— se ve o no compensada por la expansión de nuevas formas de ocupación. En nuestro tiempo, y sin prejuizar sobre el futuro, son ya de otro orden las cuestiones planteadas por la dimensión de los cambios que el fantasma de la robotización masiva simboliza. Una proporción grande y creciente de seres humanos —en los países periféricos, ante todo, pero también en los más prósperos— parece superflua desde el punto de vista laboral, dadas las condiciones socio-económicas del presente.

2d. Auge y decadencia del fordismo

La mecanización y la fragmentación del trabajo, que constituyen uno de los rasgos característicos del segundo ciclo de la industrialización —o, si se prefiere, de la Segunda Revolución Industrial— se difundieron junto con las fábricas gigantescas. Ese tipo de organización productiva alcanzó sus expresiones más notables en la industria del automóvil.

Los primeros vehículos a motor surgieron en la última década del siglo pasado, pero fue en éste cuando su impacto llegó a ser comparable al de la introducción del ferrocarril, estimulando la demanda, planteando nuevos problemas técnicos, generando grandes inversiones en infraestructura y también oportunidades de empleo.

El camino hacia su crecimiento vino marcado por los desarrollos que se produjeron en Estados Unidos, con la introducción de la manufactura de precisión, las piezas intercambiables, y la cadena de montaje, que pusieron al automóvil incluso al alcance de los obreros que lo fabricaban. El modelo T data de 1908 y costaba 1.000 dólares al principio. En 1924... su precio había bajado a menos de 300, y, hacia 1926, Henry Ford había vendido 15 millones de sus cochecitos motorizados. Se los daré del color que quieran, decía, con tal de que sea negro. En consecuencia, los Estados Unidos tenían en 1913 el triple de coches registrados que los tres mayores países europeos juntos: hacia 1921, debido a la guerra, la relación pasó a ser de 13 a 1, y de 10 a 1 para el conjunto de Europa.

El taylorismo había dado origen al fordismo, la producción en serie a gran escala estructurada en torno a la cadena de montaje, que fue la forma dominante de organización del trabajo a lo largo de por lo menos medio siglo, durante el cual tuvo mucho que ver con el crecimiento del producto y del empleo industriales y, en los países más desarrollados, del nivel de vida de los obreros de la industria.

Sus principios fundamentales habían sido ya establecidos por Taylor: estricta separación entre las actividades de concepción y dirección, por un lado, y las de ejecución, por otro; descomposición de éstas últimas en operaciones elementales, susceptibles de ser sistematizadas al detalle y encomendadas a personas con mínima preparación previa; consiguiente especialización de la mayor parte de los asalariados en la repetición rutinaria de tareas simples. Semejante sistema posibilitó una reducción general de los costos salariales, tanto por el pago de menores retribuciones por tareas no calificadas como por el ejercicio de un mayor control sobre el proceso de trabajo. El propósito de avanzar en esta última dirección —conviene siempre recordarlo— ha constituido históricamente uno de los grandes impulsos para desarrollar la técnica y para modificar la organización de la producción.

Diversos avances técnicos ya mencionados, y característicos del segundo período de crecimiento industrial —como la mecánica de precisión—, hicieron rentable la gran producción en serie con las características anotadas, permitiendo incluso un sostenido aumento del salario industrial que es propio del "modelo fordista" de las grandes empresas, y a través del cual se amplió y diversificó notablemente el mercado interno de los países más ricos. Producción masiva, uniforme y en expansión; despliegue del consumo, masivo y uniforme. Las grandes fábricas norteamericanas de automóviles constituían durante los años '50 los ejemplos por antonomasia del modelo. Las actitudes y la economía

vinculadas a éste se encarnaban en sus productos, propios de una época de materias primas baratas, energía también barata y ausencia de preocupaciones ambientales.

En las décadas siguientes, el modelo confrontó desafíos de envergadura creciente. En primera instancia, por su propio éxito, que propulsó su irradiación a países de nivel de vida promedio muy inferior, donde la producción con tecnologías que se habían vuelto bien conocidas podía llevarse adelante con gastos salariales mucho menores. Y frecuentemente también con menos conflictos con los asalariados, dado el férreo control de éstos y de sus organizaciones sindicales ejercido por regímenes represivos. Ello constituyó una manera de esquivar el creciente descontento de los trabajadores ante las condiciones "fordistas" de trabajo, descontento que adquirió gran envergadura en los países más desarrollados a comienzos de los '70. El desplazamiento de plantas a diversas regiones del Tercer Mundo se vio más tarde acelerado por las preocupaciones ecológicas, que generaron reglamentaciones crecientemente estrictas y por ende costosas en los países más avanzados, mientras que la despreocupación ambiental en el mundo del atraso se convirtió en un nuevo lujo impuesto por la pobreza.

La vigencia del modelo en los países centrales se vio así cuestionada por su extensión a la periferia. Desde una cierta perspectiva, este proceso puede ser visto como la globalización de la división y segmentación del trabajo: empresas de alcance mundial pasan a repartir entre sus filiales distribuidas a lo largo y a lo ancho del planeta las diversas fases de la producción para el mercado mundial.

En una segunda etapa, el modelo fordista conocería un ataque global mucho más serio, proveniente no ya de la maduración que permite la difusión de la tecnología sino de la innovación, que parece indicar que su época ya ha pasado. El desarrollo del complejo electrónico —a través de la automatización flexible, de la manufactura asistida por computadora, etc.— ha resquebrajado los cimientos de la rentabilidad de la producción repetitiva en serie de índole taylorista.

Al reducirse los costos y los tiempos que la diversidad requiere, las ventajas de la uniformidad en gran escala se van esfumando, y la innovación consigue un lugar en lo que hasta ayer era el santuario de la repetición. Pero éste abría ciertos espacios a bastante gente, que al perderlos difícilmente encuentra otros, salvo en condiciones deterioradas, mientras que quienes los sustituyen son menos y se sienten menos seguros que las que allí estaban en tiempos no lejanos. No parece fenómeno coyuntural sino tendencia profunda esa mayor dureza del mundo del trabajo, tanto por la dificultad de acceder a él como por la tensión que lo signa.

Lo que ocurre a nivel laboral constituye una de las principales fuentes de inspiración para el debate acerca de si estamos viviendo una nueva Revolución tecnológica. Diversos enfoques tienden a coincidir en que se vive un cambio de época que involucra tanto las relaciones técnicas como las sociales. Entre lo que suele denominarse "modo de acumulación fordista" y otro "post-fordista", cuatro diferencias mayores son señaladas por R- Kaplinsky. Ellas tienen que ver con el criterio rector de la organización productiva, el fundamento de la competitividad, el contraste entre lo global y lo individual, el papel del trabajo. Más en detalle:

- 1) Uno se basa en la estandarización, las economías de escala y un tipo de producción impulsada por la oferta de productos estandarizados fabricados con maquinaria de propósitos específicos. El otro tiene como características centrales la flexibilidad y la organización de la producción en función de la demanda.
- 2) En el fordismo la competitividad depende básicamente del precio, mientras que en el post-fordismo predominan la innovación y las características propias de cada producto.
- 3) Un contraste de índole más general tendría que ver con la importancia relativa atribuida a las partes y al todo. En el fordismo, la atención se concentra en la máquina individual, la empresa individual y el trabajador individual. En el post-fordismo son las vinculaciones sistémicas entre grupos de unidades individuales las que devienen prioritarias. De allí la relevancia productiva de conceptos como "gestión de calidad total" (total quality management) y "producción justo en tiempo" (just-in-time production), de tecnologías como la "manufactura integrada por computadora" (computer integrated manufacturing), y de las redes interempresariales como las de los consorcios italianos.
- 4) Afirma Kaplinsky que en la vieja época de la competencia mediante el precio, el trabajo era visto como un costo de producción a minimizar, en los casos más extremos mediante el uso de mano de obra femenina ubicada en las zonas de procesamiento de exportaciones de los países menos desarrollados, mientras que en la nueva época el trabajo es considerado como un recurso cuyo potencial debe ser maximizado.

La transición de una forma de producción a otra demanda reestructuras en las que el aspecto social prima sobre el propiamente tecnológico. Ello surge de lo que ha venido sucediendo en el corazón del modelo fordista, la industria automotriz de los Estados Unidos. Esta, al verse desbordada en su mercado interno por la penetración japonesa, atribuyó el fenómeno a un grado superior de inversión en automatización, a la cual apostó, con resultados modestos. Numerosos estudios orientados a comparar rendimientos llegaron a conclusiones del tipo siguiente: la industria japonesa a comienzos de los '80 tenía más bien un grado de automatización menor que sus competidores norteamericanos y europeos; sus ventajas competitivas emanaban de los cambios en el proceso de trabajo, las relaciones entre empresas y la

organización de la fábrica; habiéndose concentrado en una primera instancia en ese tipo de transformaciones organizativas, a partir de mediados de los '80 los japoneses impulsaron una muy rápida difusión de las nuevas tecnologías de la automatización flexible. Estas conclusiones relativas al sector automotriz fueron confirmadas por el estudio de otros sectores, en los que también resulta que la reestructura organizacional tiene importancia primaria, y sólo después que la misma ha sido completada puede sacarse partido del cambio técnico basado en la electrónica. Afirma Kaplinsky que es precisamente el hecho de que no se llegue a ser competitivo mediante la introducción de nuevas tecnologías en el marco de las formas preexistentes de organización lo que muestra que se vive una transición entre dos épocas.

Uno de los aspectos más relevantes de tal transición, en caso de hacerse realidad, será la denominada "crisis post-fordista del autoritarismo fabril". En el esquema organizativo de inspiración tayloriana, la autoridad concentrada en el vértice tiene un papel central que signa las relaciones entre el capital y el trabajo, mientras que en el post-fordismo la cooperación pasaría a ser clave. Esta última se extendería también a las relaciones entre las empresas, las que tienden a ser más estables, y en las que la calidad, la predictibilidad y la capacidad para la innovación se van haciendo más importantes que los precios a la hora de escoger proveedores. Estos y sus clientes colaboran en el desarrollo de técnicas de interés común. Esta tendencia suele resaltarse a partir de la colaboración flexible entre pequeñas empresas italianas, que afrontan conjuntamente esfuerzos de gran escala —en materia de diseño y mercadeo o de costosas inversiones en equipo de computación, por ejemplo— sin perder la agilidad de la pequeña escala.

Pero retomemos la cuestión fundamental de los cambios en las relaciones de trabajo en la industria. En el modelo fordista, las mismas tienen un carácter intrínsecamente conflictivo —focalizado en el nivel de los salarios— y se basan tanto en la existencia de un "ejército laboral de reserva" como en la fácil entrada y salida del empleo. Este esquema ha dejado de ser eficiente y va cediendo su lugar a una nueva forma de organización del trabajo, que realza la cooperación, se apoya en la creatividad de la fuerza de trabajo, promueve la capacitación múltiple de cada trabajador, se aparta de la fragmentación de tareas y requiere de la estabilidad del empleo —sin lo cual tales aportes potenciales de los asalariados no pueden hacerse realidad—.

Se ven así erosionadas algunas de las bases tradicionales del autoritarismo fabril: el monopolio por la gerencia del saber y la información, la escasa vinculación entre lo que hace cada trabajador y la tarea de los otros, la facilidad con que cada uno puede ser reemplazado.

Según Kaplinsky, se pueden identificar al menos dos rutas mayores hacia el post-fordismo, a las que con trazo grueso cabe describir como la vía sueca y la japonesa. Esta última pone en primer plano una forma de autoridad con bases muy distintas a las del modelo fordista, pues se sustentan en la legitimación consensual de la dominación jerárquica, con raíces en el Japón feudal. El modelo japonés tiene rasgos corporativos acentuados; los beneficios sociales tienden a ser suministrados por la empresa —más bien que por el "estado de bienestar"—, lo que le permite retener a la mano de obra "multicalificada"; la división del conjunto de los trabajadores en segmentos con situaciones e intereses muy variados se ve así promovida. En Suecia, el modelo de innovación tecnológica tiene rasgos considerablemente más cooperativos y democráticos, ligados a la tradición socialdemócrata. Pero, a diferencia del japonés, su eficiencia económica parece estar en entredicho.

La última observación amerita una digresión. Por un lado, cabe conjeturar que la enconada competencia económica internacional impone ese ya mencionado "endurecimiento" en el mundo del trabajo, que parece difícilmente compatible con el despliegue de formas relativamente democráticas e igualitarias de cooperación; éstas constituyen una variante del "post-fordismo" que se vería bloqueada por las tensiones de lo que es una verdadera guerra de la competitividad a escala planetaria. En tal confrontación resultan derrotados los regimientos fabriles, carentes de motivación, cuya estructura responde a los moldes clásicos del autoritarismo fordista; vencen, por el contrario, los batallones de la Esparta de la era de la "high-tech", e! Japón con sus neo-kamikazes, dispuestos a morir por el exceso de trabajo, el "karoshi". Y no queda lugar para una real democratización del mundo del trabajo: ésta podría ser una lectura de las dificultades experimentadas por la economía sueca a fines de los '80, y del trascendente cambio de orientación política con que los suecos iniciaron la década de los '90. Pero hay lugar para un enfoque diferente.

En efecto, las relaciones de colaboración a nivel de la empresa —y en particular, la valorización del aporte de los trabajadores, la apuesta a su formación y a la estabilidad laboral— constituyen parte destacado de lo que Michel Albert, en su muy comentada obra reciente *Capitalismo contra capitalismo*, considera como rasgos definitorios de la variante "renana", o germano-nipona, del capitalismo contemporáneo, por oposición al modelo "neoamericano" o ultraliberal. La primera tiene como ejemplos característicos no sólo a Suecia y a Japón sino también a los "países del Rhin" que le dan su nombre: a saber: Holanda, Suiza y, fundamentalmente; Alemania. Esta se halla bien ubicada entre los que llevan la mejor parte de la gran guerra económica del presente. Desde este punto de vista, las variantes exitosas del "postfordismo" —categoría que por cierto Albert no usa— no se reducirían a la de los herederos de los samurai.

La cuestión parece tan gravitante en relación a la búsqueda de nuevas estrategias para el desarrollo que vale la pena

reseñar las partes pertinentes de un enfoque más global, contenido en un trabajo de D. Leborgne y A. Lipietz sobre el auge y la decadencia del fordismo, al que ven como el modelo de desarrollo del capitalismo avanzado en la post-guerra.

¿Qué va a pasar con la clásica división del trabajo "fordista" ante la "revolución tecnológica" de la electrónica? Ante esta pregunta que se plantean, los autores mencionados encaran tres alternativas hipotéticas.

La primera llevaría hasta sus últimas consecuencias la lógica del Taylorismo, privando de toda iniciativa al operario y consolidando el triunfo de la "oficina central de métodos", en una fábrica tendiente a la automatización total, con unos pocos "cuellos azules" no calificados cumpliendo tareas de limpieza y acarreo, y algunos profesionales encargados de la modulación del proceso. En esta dirección se avanzó en muchas plantas donde mayor había llegado a ser el cuestionamiento social de comienzos de los '70, particularmente en las de la FIAT en Turín; allí fue eliminada la presencia misma de los trabajadores en algunos de los lugares más conflictivos. Esta fue una opción primordialmente política; habiéndose recuperado el control de las relaciones de producción, no se justificaría económicamente la construcción de plantas de un grado extremo de automatización. Para las empresas sería preferible, en líneas generales, lograr un mayor involucramiento de los equipos de trabajadores, de modo que en particular su "aprender haciendo" en la tarea cotidiana constituya una fuente sistemática de mejoras, asimilables y formalizables por los equipos de diseño, métodos e ingeniería. "De hecho, el problema es reconectar lo que el taylorismo desconectó: los aspectos manuales e intelectuales del trabajo". Ahora bien, dado que esta opción tiende a incrementar la independencia de los trabajadores —la reducción de la cual fue precisamente motor central de la taylorización—, desestimar la automatización radical abre otras dos alternativas. Una busca el involucramiento individual del trabajador ofreciéndole mejores ingresos y avances en su carrera. La otra procura que, en la elevación de la productividad y de la calidad de la producción, haya un involucramiento colectivo, garantizado por el sindicato, que obtiene a cambio el derecho de controlar las condiciones de trabajo y de sustitución de la mano de obra, así como la participación de los trabajadores en los beneficios emanados de una mayor productividad. Una vez más; Japón ejemplificaría una opción y Suecia la otra.

Los autores que glosamos resumen así las tres alternativas dibujadas: (A) crecimiento de la polarización en las relaciones de trabajo y de la "descapacitación" de la mano de obra; (B) involucramiento negociado individualmente; (C) involucramiento negociado colectivamente. Consideran que ninguna se ha impuesto como un "nuevo modelo hegemónico de industrialización", sino que las tres coexisten en la mayoría de los países, dentro de las mismas empresas e incluso de las mismas plantas. La primera tendería a una creciente polarización social, planteada en términos de capacidades e ingresos. La segunda apuntaría en la misma dirección, al impulsar en la sociedad en su conjunto la lógica de la competencia individual, inclusive al nivel de la formación. Sólo la tercera podría llevar a una promoción social y cultural colectiva de los asalariados.

Señalan también Leborgne y Lipietz que las indicadas formas (A), (B) y (C) de reorganización del proceso de trabajo deben ser consideradas en conjunto con dos formas típicas de contratación salarial: (I) "rígida", y (II) "flexible". Así, la combinación (A.II) configura una variante adecuadamente denominada como "neotaylorista", que fue la predominante a comienzos de la década pasada. Pero, a fines de la misma, los éxitos de la industria en Japón, Alemania, Italia, y sus dificultades en Estados Unidos, robustecieron las tesis según las cuales otras variantes tienen mejor en cuenta los intereses de corto y largo plazo, no sólo de los asalariados sino también de los empresarios, en lo que tiene que ver con el aprovechamiento de las nuevas tecnologías. En conjunto, la realidad tenderá probablemente a ser la de un mercado de trabajo segmentado, en el cual se reflejarán las diversas alternativas consideradas, con pesos relativos difíciles de predecir, en la dilucidación de los cuales incidirán factores muy variados, incluyendo la fuerza y la orientación del movimiento obrero.

Cómo tantos otros fenómenos de esta época "post", el fordismo no tiene sucesor designado. Ni siquiera es claro que vaya a existir uno. Su ocaso es visible pero, si constituyó el modelo de crecimiento dominante después de la II Guerra, aún no se ha levantado otro sobre el horizonte.

Ciertas predicciones, empero, pueden ser formuladas con razonable convicción. En especial, la que dice relación con la inviabilidad de un desarrollo industrial sostenido a largo plazo de la periferia que pretenda basarse en la baratura de la mano de obra no calificada. Esta última tendrá importancia rápidamente decreciente en los rubros productos dinámicos, y por ende también en los costos relativos de los mismos. En cualquiera de las alternativas que se esbozan para los tiempos "post-fordistas" —con mayor o menor grado de automatización y/o de involucramiento de los trabajadores, escasamente paga y pobremente calificada parece apuesta perdedora—. Visto desde este ángulo el proceso de crecimiento industrial parece cierto que un segundo ciclo ha concluido y que vivimos ya en un tercero, signado por la irradiación del complejo electrónico, ante la cual el trabajo repetitivo y rutinario en sus diversas formas se bate en retirada como ayer el trabajo manual en la industria ante el avance de la maquinización.

Nada sencillo luce, por el contrario, anticipar el tipo de relaciones de trabajo que llegarán a predominar en este nuevo ciclo de la industrialización. Refiriéndonos a uno de los enfoques reseñados en esta misma sección, parece admisible la tesis de que la complejidad del desarrollo tecnológico contemporáneo origina una fuerte correlación positiva entre

competitividad de la empresa e involucramiento de los trabajadores. Pero, respecto a esto último, no resulta demasiado satisfactoria la dicotomía entre involucramiento individual "a la japonesa" e involucramiento colectivo "a la sueca". Al respecto quizás no sean inútiles ciertas observaciones, necesariamente sumarias.

Por un lado, cabe aceptar —al menos como presunción bastante fundada— la idea de que ciertas características salientes de la innovación tecnológica en nuestra época requieren no sólo mayor capacitación y participación de los trabajadores sino también de su creciente disposición a la labor en equipo. Ello surge, muy grosso modo, de la flexibilidad, rapidez de adaptación y diversidad de respuestas a la demanda que, posibilitadas por la explosiva variedad del instrumental originado en la microelectrónica, se convierten en requisitos difícilmente eludibles de la competitividad. Se configura así una tendencia objetiva, mayor y claramente contrapuesta a la taylorización tradicional. Pero no es evidente que sea la dominante.

En efecto, los rasgos y los ritmos del cambio técnico convierten en factor primerísimo del éxito empresarial a la capacidad de lograr el trabajo en equipo de los asalariados, con dedicación e iniciativa, pero también con incuestionada aceptación de los objetivos y las estrategias de la empresa. Abusando de la metáfora, cabe decir que una nueva onda de choque en el curso del desarrollo tecnológico ha puesto en cuestión la distribución del poder a nivel internacional, desatando una guerra en la cual los armamentos se ven modificados día a día, por lo que la ventaja se ubica del lado del ejército que combina la autonomía táctica de los pequeños batallones con la centralización estratégica, sustentada en valores comunes profundamente enraizados y, en primerísimo lugar, en el respeto a las jerarquías establecidas.

En ese contexto, pierde pie un "modelo sueco" —real o ideal— en el cual el involucramiento de los trabajadores tenga características no sólo colectivas sino también democráticas y hasta, diríamos, "laicas": tal involucramiento no se basa en la comunidad de valores, a escala de la empresa o de la nación, sino en los intereses individuales de los trabajadores, relativamente coincidentes entre sí, y en medida variable compatilizables con los de la empresa. Ello origina "acuerdos" —explícitos e implícitos— intrínsecamente provisorios, sujetos a revisión permanente o al menos frecuente, y cuya traducción en los hechos resulta también variable. ¿Será exagerado decir aquí que la laicidad radical, como valor colectivo, no sirve para hacer la guerra?

Por el contrario, adecuado resulta el "modelo japonés" —ideal o real— que no parece apoyarse en el involucramiento individual de los trabajadores, sino más bien un doble involucramiento colectivo: el de gran parte de la población con lo que se ve como el objetivo de la nación ("alcanzar y superar a Occidente", por ejemplo), y el de segmentos de trabajadores con el éxito de las empresas a las que se sienten pertenecientes. Ante la crisis del autoritarismo fabril de raíz tayloriana, se ven realizadas las relaciones de producción enraizadas en los valores y las jerarquías tradicionales del Japón. Unos y otras resultan especialmente compatibles con ese "endurecimiento" perceptible en el mundo del trabajo contemporáneo. La democratización en sentido amplio, el aflojamiento de las cadenas de la vida cotidiana, que la tecnología hace posible, se juega una vez más fuera del mundo de la técnica. Mientras, en el "post-fordismo", la alternativa que por ahora luce vencedora es la "neo-samurai".

Por supuesto, nos hemos ocupado de "tipos ideales", o simplemente de gruesos esquemas. En todo caso, la evolución del Japón ilustra con particular vigor los contenidos y los alcances de los desafíos de la innovación a fines del siglo XX. Quizás se pueda establecer un paralelo con el papel de "la vía germana hacia la industrialización" en la configuración de la "Segunda Revolución Industrial". Sea como sea, "la vía nipona" constituye un tema central para cualquier revisión de las relaciones entre ciencia, tecnología y desarrollo.

2e. La innovación como proyecto nacional

La reflexión sobre la evolución contemporánea del Japón ha constituido otra de las fuentes mayores de reflexión acerca de las relaciones entre ciencia, tecnología y desarrollo, así como sobre la presunta irrupción de una nueva revolución tecnológica.

Nos interesa en particular referirnos a un libro que Freeman publicó en 1987, cuyo título —traducido literalmente— es *Política tecnológica y desempeño económico - Lecciones del Japón*. El mismo se presenta como un estudio sobre el "sistema nacional de innovación" del país que mayor éxito ha tenido en las últimas décadas en lo que tiene que ver con la aceleración del cambio técnico, y de las consecuencias que otros países pueden sacar de ello.

Anotemos, para comenzar, algunos entre los muchos datos ofrecidos para medir ese éxito y sus eventuales causas.

Relación estimada entre el gasto no militar en I+D y el PNB					
	Japón	RFA	USA	Francia	Gran Bretaña
1970	1,65	1,95	1,75	1,45	1,5
1984	2,55	2,45	1,8	1,65	1,7

No menos relevantes parecen ser otras opciones de índole cualitativa.

Desde que, en la inmediata post-guerra, Japón optó por no seguir los consejos ortodoxos basados en la teoría tradicional de las ventajas comparativas, siempre se ha caracterizado por tener una visión y una política de largo plazo para la industria y la tecnología, apostando a promover las tecnologías más avanzadas. Y con mayor demanda potencial para el futuro a nivel mundial. Esa ha sido, principalmente, la tarea del famoso MITI (Ministerio de Comercio Internacional e Industria), que ha combinado un extremo pragmatismo en los medios con una gran coherencia en los fines.

Particularmente influyente fue su "visión para los '70", de 1971, cuando, ya antes del primer choque petrolero, sostuvo que estaba encontrando sus límites un tipo de desarrollo basado en el uso intensivo de materias primas y energía, y en la producción en serie de tipo masivo, y promovió otro estilo de desarrollo, menos costos en términos ambientales, sustentado en el uso intensivo del conocimiento, con énfasis creciente en las tecnologías de la información.

Todo lo que tiene que ver con la formación es otro de los pilares del éxito japonés. Al respecto sostiene Freeman que el sistema japonés de enseñanza y capacitación supera al alemán occidental y aún más al británico en dos aspectos importantes: la cantidad de jóvenes que obtienen una educación de alto nivel, especialmente en ciencia e ingeniería, y la escala y calidad de la capacitación industrial, que se lleva a cabo principal o enteramente al nivel de la empresa. Esta actividad complementa una gama de oportunidades educativas que, tanto a nivel secundario como terciario, ubica al Japón en los primeros lugares a nivel mundial. Dicho sistema de formación intensiva en grandes empresas data ya de tiempo atrás y su surgimiento se relacionó directamente con los esfuerzos de las mismas por asimilar tecnología extranjera.

Otros factores que según parece operaron en el mismo sentido son muy ilustrativos, en sí mismos y también porque realzan el papel que puede tener la innovación no ya de tipo tecnológico sino de índole social en el rendimiento técnico-productivo. Afirma Freeman que la abolición de las distinciones entre los trabajadores de cuello azul y los de cuello blanco empezó antes y probablemente ha ido más lejos en Japón que en la mayoría de los otros países industrializados. En relación a estos últimos, son muy bajas las diferencias de retribuciones, e incluso de "status", entre los gerentes, los administrativos y los trabajadores fabriles. Volvemos así a cuestiones tocadas en la sección precedente. Los cambios sociales recién mencionados, junto con el sistema de bonos anuales ligados al rendimiento de la empresa y el "empleo de por vida" ofrecido en el sector de las grandes compañías, configuran una poderosa combinación de incentivos. Estos, sumados al sistema de formación y al enfoque sistémico de la innovación tecnológica, posibilitan un incremento continuo de la productividad mediante el involucramiento de la fuerza de trabajo en el proceso de cambio técnico. Ahora bien —enfatisa el autor que glozamos— esto nada tiene que ver con alguna forma de "control obrero": las jerarquías y la deferencia hacia ellas siguen vigentes; pero son considerables las oportunidades para el ascenso social. Esta última afirmación, empero, no coincide con lo que dice Morishima, autor que citaremos extensamente más abajo.

En el Japón la innovación tecnológica se ha constituido en un proyecto nacional de largo aliento.

Al servicio de tal proyecto se ha desarrollado un sistemático esfuerzo de prospectiva, que combina las dimensiones tecnológicas, económicas y sociales en visiones de conjunto, susceptibles de orientar los avances hacia metas deseables. A su vez, la preparación, publicación, discusión y empleo de los estudios prospectivos tienen un importante papel movilizador: sirven para clarificar objetivos, anticipar oportunidades para hacerlos realidad, definir estrategias y convertirlas en programa de trabajo colectivo. Desde este ángulo, la prospectiva tiene algo de profecía que se cumple a sí misma.

En particular, el sistema de prospectiva tecnológica del Japón le permitió anticipar el papel que habrían de tener las ciencias y las tecnologías de la información, y también difundir en la sociedad una "visión" de los desarrollos en esa dirección, que ayudó a prepararse mejor que en otros países para la irrupción de una nueva ola de cambio técnico.

En suma, el "sistema nacional de innovación" del Japón parece especialmente adaptado para aprovechar las características que signan al presente las relaciones entre tecnología y producción, por razones como las siguientes: su enfoque global, "sistémico", del diseño de procesos y productos; la flexibilidad de su estructura industrial; su capacidad para identificar, a nivel nacional y empresarial, áreas cruciales para el avance tecnológico futuro, así como para movilizar recursos muy grandes en torno a las prioridades estratégicas; la amplia circulación horizontal de información, entre empresas y dentro de ellas; el uso de la información en sistemas de producción innovadores, como el denominado 'just in time' que evita costosos almacenamientos. Bordeando un indeseado trabalenguas, podría decirse que el asumir la innovación como proyecto nacional impulsa a que el sistema nacional de innovación funcione efectivamente como sistema.

Tratemos de precisar algo más el alcance de las "lecciones" que pueda ofrecer la "vía japonesa" hacia la vanguardia del crecimiento económico.

El enfoque que del tema ofrece Fernando Fajnzylber —en su fundamental *La industrialización trunca de América Latina*— no coincide con ciertos estereotipos relacionados con el papel de la protección y del Estado. Por ejemplo: "En

1955, las exportaciones del Japón representaban el 4,2% de la exportación total (de manufacturas), proporción que más que se duplica hacia 1975 (10,4%). En el otro extremo, la participación relativa de los Estados Unidos disminuye del 24 al 17% manteniéndose prácticamente sin grandes variaciones la proporción de los países subdesarrollados, desarrollados y de economía planificada. Es importante señalar la asimetría que existe en el caso del Japón, entre su presencia en las exportaciones e importaciones de manufactura, porque ilustra el grado de protección con el cual se desarrolló la industria de ese país en este periodo de rápido crecimiento. Mientras que su participación en la producción industrial en 1975 era del 7,2% y del 10,4% en las exportaciones de manufacturas, en las importaciones de manufacturas su presencia se reducía a un 1,7%, situación estrictamente inversa a la de los países subdesarrollados.”.

En la Postguerra el Japón, con su estructura industrial devastada y su numerosa población dispuesta a trabajar por salarios comparativamente muy bajos, parecía constituir un ejemplo perfecto de país que según la ortodoxia económica debe concentrarse en las llamadas industrias ligeras, con abundante mano de obra y escaso equipamiento sofisticado. Así lo recomendaron los técnicos de los organismos internacionales. Ello significaba aceptar un lugar subordinado en materia de progreso tecnológico y crecimiento económico. Muy otra fue la opción japonesa. En su sugestiva obra *Por qué ha “triunfado” el Japón* dice el reputado economista Michio Morishima: “Una vez ratificado el “nuevo plan económico a largo plazo” de 1957 así como el “plan para la duplicación de la renta nacional” de 1960, donde la administración declaraba el propósito de desarrollar la industria pesada y la química, se puso en práctica dicha política industrial de la manera siguiente. En primer lugar, el Ministerio de Comercio Internacional y de Industria determinaba cuáles eran los sectores a fomentar, dentro de la industria pesada y de la química, y que fueron las refinerías de petróleo, la petroquímica, las fibras artificiales, los automóviles, la maquinaria industrial, los aviones, la electrónica y los aparatos eléctricos. A estos sectores se les proporcionó protección absoluta y ayuda para el desarrollo. Las primeras medidas para la protección frente a la competencia de las industrias extranjeras incluían la limitación de importaciones mediante la contingentación de los artículos extranjeros, la limitación directa del valor de las importaciones mediante la introducción de un sistema de licencias, y la relación indirecta de la importación por medios tales como fuertes aranceles protectores o impuestos diferenciales al consumo con tratamiento más favorable a los artículos de fabricación nacional.”.

Así, el éxito económico del Japón contemporáneo se sustenta en una opción por la industrialización “de punta” y en una estrategia de largo aliento para hacer realidad esa opción. Y ésta, a su vez, hunde sus raíces en las tendencias más profundas de la evolución histórica del pueblo japonés.

A mediados del siglo pasado, las dos grandes naciones de antigua cultura del Extremo Oriente, China y Japón, comprobaron su incapacidad para seguir rechazando la penetración imperial del Occidente. La capacidad tecnológica, en particular a nivel bélico, de las naciones donde se escenificaba la Revolución Industrial había llegado a ser irresistible. Las dos sociedades agredidas eran muy distintas, y sus diferentes respuestas, a ese desafío que tan brutalmente les planteó la revolución tecnológica de la época, tiene mucho que ver con el tema que nos ocupa.

Mientras la burocracia china estaba formada por buenos conocedores de los clásicos chinos y entendidos en poesía y literatura, a los burócratas guerreros del Japón les interesaban las armas, y de ahí también la ciencia y la técnica. Los dos países eran confucionistas, pero así como los burócratas chinos presentaron una cerril oposición a las ciencias occidentales, en cambio los gobiernos japoneses, desde el (régimen) Tokugawa hasta el régimen imperial que siguió a la revolución Meiji [1868], no pedían otra cosa sin poder adquirir esas mismas ciencias. Si la fuerza motriz del capitalismo occidental había sido la exigencia de libertad individual, lo que comenzaba en el Japón era una marcha forzada para eliminar la disparidad militar y científico-técnica que le separaba de Occidente. Quedaba sobreentendido que, en esa marcha, el individuo debía estar dispuesto no sólo a sacrificar su vida cotidiana sino incluso a afrontar la muerte si fuese necesario; esa sería su lealtad, la piedra angular de su moral.

Después de la II Guerra; el Japón reanudó esa “marcha forzada”, con variaciones en su estrategia, pero con un mismo gran designio: alcanzar primero al Occidente y superarlo luego. Pero sin imitar su estructura social sino conservando la propia: “Los japoneses desearon ardientemente conservar su cultura, su estilo de vida, la relación particular entre superior e inferior y la estructura familiar, al tiempo que levantaban una nación moderna que tuviese un poderío comparable al de los países occidentales. Ese deseo ha perdurado durante el último siglo o más: desde los prolegómenos de la revolución Meiji; durante la guerra contra Rusia, en las postrimerías de dicha revolución; durante la fase de militarismo en la que se tomó por modelo a la Alemania nazi; después de la derrota en la segunda guerra mundial, cuando el país estaba en ruinas; e incluso hoy en día que el Japón se ha convertido en un gigante económico”. Así, el persistente “gran designio” se ha visto implementado, de manera conflictiva y aún contradictoria, mediante estrategias distintas y cambiantes, pero en las cuales se perciben ciertas notables continuidades, que espejan rasgos modulares de la cultura japonesa: “en el pensamiento político confuciano, son los burócratas, sometidos a una selección severa y competitiva, quienes desempeñan el papel más importante de la sociedad. Profundamente influido por dicho pensamiento, la era feudal Tokugawa vivió bajo el régimen burocrático, durante el cual un samurai era funcionario civil al mismo tiempo que oficial del ejército. El régimen Meiji fue una burocracia moderna desde sus comienzos. Por todo ello,

no debe sorprendernos que el capitalismo japonés comenzase como un capitalismo de estado, una economía guiada y propulsada por burócratas.”.

Ese proceso, vivido durante las últimas décadas del siglo XIX, fue de alguna manera revivido cuando el capitalismo japonés, tras la catástrofe bélica, recomenzó su trayectoria.

Y esa trayectoria sigue signada por la persistencia de algunos rasgos sociales que no pueden ser olvidadas a la hora de evaluar las "lecciones" —de diverso signo— que ofrece el Japón. Su economía presenta una estructura dual, siendo muy distintas las condiciones de trabajo según se considere el sector de las grandes empresas o el de las pequeñas y medias. "Incluso en la actualidad, el bienestar de una persona durante toda su vida queda decidido, en el Japón, por el hecho de ser o no ser capaz de colocarse en una gran empresa". Sólo una vez se puede aspirar a ello, al egresar de la escuela profesional o de la facultad, lo que genera una enconada competencia a todos los niveles educativos por el acceso a los establecimientos de enseñanza más prestigiosos. Esa rivalidad cala hondo en la forma de vida: "puesto que los jóvenes nipones se ven obligados a estudiar durante 6 horas en la academia normal, de 3 a 4 horas en las academias privadas de repaso y otras 4 ó 5 horas en casa, es decir de 13 a 15 horas diarias en total, resulta para ellos un grado de "explotación" no tan diferente del de los niños obreros de la Inglaterra victoriana. Algunos economistas japoneses afirman que gracias a haber recibido durante la infancia esta dura disciplina de trabajo es tan buena la calidad del trabajador japonés; pero no hemos de olvidar la otra consecuencia, que ha sido la destrucción de la personalidad.”.

Así se forjan los guerreros espartanos de la era de la "high tech".

En la discusión occidental, la "vía japonesa" ha sido esgrimida como alternativa al resurgimiento del liberalismo "manchesteriano". A comienzos de la década pasada Fajnzylber enfocaba así tal contraposición: "La utopía "manchesteriana" representa una opción radicalmente diferente, en su dimensión económica y en sus expresiones políticas, al modelo dominante en la posguerra en el capitalismo avanzado, el "Estado benefactor", cuyas expresiones políticas centrales se vinculan a la concepción socialdemócrata y a todas las vertientes afines. La utopía "japonesa", cuya gravitación política real es en la actualidad muy limitada, ha surgido en cambio como la respuesta "progresista" en sectores principalmente académicos. Aunque no constituye la expresión de los partidos socialistas o socialdemócratas, parecería reflejar, al menos, algunas inquietudes económicas de círculos ideológicamente próximos a ellos. Esa "utopía" concilia y sintetiza objetivos y valores que favorecen la convergencia de distintas corrientes de opinión: papel rector del Estado, planificación nacional estratégica, economía mixta, liderazgo industrial, progreso técnico, penetración creciente en el mercado internacional. La erosión de la situación económica del "Estado benefactor" y la valoración de la democracia en esas sociedades como un hecho "dado", casi como un fenómeno natural, conduce a esos sectores a subestimar la relevancia del marco cultural específico y del autoritarismo vigente durante muchas décadas, en el funcionamiento de la sociedad japonesa. Es indudable que la gravitación y alcance de la utopía "manchesteriana", tanto en los ámbitos políticos como económicos, es significativamente mayor que la del modelo japonés. En el primer caso, se trata de una verdadera "revolución burguesa", que aspira a refundar el capitalismo sobre "bases más sanas". En el segundo caso, se busca la inspiración de un modelo económico exitoso para replantear el ámbito limitado de la política industrial, ya que resultaría excesivamente ingenuo intentar reproducir también las relaciones sociales en que ese modelo se sustenta.

Mucho hay que aprender del Japón, sin duda, pero para poder construir vías que no pueden sino ser bien distintas.

La apuesta a la innovación ha constituido un verdadero proyecto nacional en el Japón decidido a superar su rezago frente al Occidente. De alguna manera lo fue también en la Alemania del siglo XIX, orientada por el propósito de alcanzar y sobrepasar a Inglaterra. Ambos procesos son los de naciones caracterizadas por grandes contradicciones entre lo "antiguo" y lo "nuevo", más bien que por una modernización relativamente homogénea de la sociedad. Coexisten en ambos casos, en los períodos de aceleración del crecimiento, rasgos muy "modernos" con otros "antiguos". Ejemplos de los primeros pueden encontrarse en la organización de la producción y de la educación, así como en la visión de largo plazo; también en el desarrollo de la seguridad social en la Alemania imperial y en el relativo igualitarismo en la situación de grandes sectores de trabajadores en Japón. Junto a lo más avanzado de la técnica de la época, en aquella Alemania y en este Japón, subsisten jerarquías y subordinaciones, políticas o sociales, de raíz ancestral, así como un verdadero culto de la nación. Esas contradicciones han constituido, tal vez, importantes motores del crecimiento, y sin duda tienen mucho que ver con el vigor de los "proyectos nacionales" orientados a quebrar la dependencia técnico-productiva. También han generado revoluciones y propulsado tremendos expansionismos militares, cuya derrota fue prerequisite para la ubicación estable de ambos países en la vanguardia del desarrollo industrial.

2f. Enseñanzas de la industrialización exportadora

En lo que tiene que ver con el desarrollo de los países de la periferia, pocos fenómenos tienen dimensión comparable, en las últimas décadas, al de la industrialización basada en la exportación de manufacturas que ha tenido por escenario el Asia Oriental. Ese proceso ilumina varios de los problemas que hemos venido considerando, particularmente los que

tienen que ver con el papel del sector público y de las políticas industriales en el crecimiento económico.

Las cuestiones mencionadas son analizadas por Fajnzylber en un capítulo de la obra citada, titulado "*La industrialización exportadora del sudeste asiático: mitos y realidades*", en la que se considera la experiencia de Corea del Sur, Taiwán, Hong Kong y Singapur. Es difícil exagerar la importancia de las siguientes afirmaciones.

Es frecuente escuchar en América Latina la versión de que el éxito de estas experiencias está basado, primero, en la total apertura al comercio internacional; segundo, en la reducida intervención pública; y tercero, en la presencia masiva de la inversión extranjera. Con esta síntesis, se reduce este conjunto complejo de experiencias diferentes a una conclusión de carácter normativo de la cual se desprendería que basta que los países de América Latina eliminen su esquema proteccionista, reduzcan a su mínima expresión la intervención pública y acentúen la presencia de la inversión extranjera para que puedan gestarse exitosos modelos exportadores comparables a los del sudeste asiático.

La mistificación implícita en esta versión de lo ocurrido en los NIC [New industrialized countries ó nuevos países industrializados] de Asia, como se espera poder demostrar en las páginas siguientes, es particularmente grave en un doble sentido. Por un lado, porque inhibe avanzar en la comprensión de los factores que realmente explican ese ritmo de crecimiento y transformación, con lo cual se pierde la oportunidad de aprovechar experiencias sin duda valiosas, tanto en el ámbito de las políticas como de los mecanismos institucionales. Y, por el otro, porque se formulan recomendaciones que no sólo corresponden en grado muy parcial a las experiencias de las cuales éstas provendrían, sino que además es altamente discutible que aun haciendo abstracción de las vitales condicionantes políticas, al ser aplicadas en América Latina en la forma que se sugiere, puedan generar resultados comparables a los observados en la presunta fuente de inspiración de las mismas.

El enfoque de Fajnzylber destaca las diferencias entre las cuatro naciones consideradas —especialmente entre las "ciudades-Estado" de Hong-Kong y Singapur por un lado y, por el otro, Corea del Sur y Taiwán, con características inicialmente más cercanas, a las genéricas de los países subdesarrollados — y lo que tienen en común, particularmente el muy rápido crecimiento de la producción y la "impresionante expansión de las exportaciones industriales", ligada a una estrategia de desarrollo que se basa en una "opción fundamental en favor de la industrialización". En Corea, por ejemplo, la participación de la manufactura en el total de la producción, que era del 5,3% en 1954, había subido en 1972 ya a 20,9%. Dicha opción estratégica inspiró una "política selectiva de sustitución de importaciones", implementada mediante mecanismos institucionales permanentes de interacción entre gobiernos y empresas, los que dejan en evidencia la existencia de un Estado "intervencionista" en la más ortodoxa tradición japonesa" y señalan la presencia de un sistema nacional de innovación. "Contrariamente a lo que sostienen las versiones "vulgares", la política comercial seguida por estos países ha tenido un componente no despreciable de sustitución de importaciones, la que, a diferencia de lo ocurrido en América Latina, ha tenido un carácter extremadamente selectivo a nivel sectorial, que se ha ido modificando paulatinamente con el tiempo, adecuándose a las modificaciones que experimentaban las prioridades sectoriales de la política industrial.

Corea, en particular, restringió las importaciones competitivas con su producción y las denominadas no esenciales o suntuarias. Al igual que el Japón, mantuvo en vigencia la protección a los rubros básicos del consumo interno para asegurar la "autosuficiencia alimentaria". Durante el periodo de implementación de la política industrializadora, se protege claramente a la fabricación nacional, y luego se procede a una liberalización importadora gradual. Cosa similar ha sucedido en Taiwán.

Los fabricantes locales que deseaban protección debían demostrar que la cantidad y la calidad de sus productos eran adecuadas para satisfacer la demanda doméstica y que el costo de las materias primas importadas para fabricar localmente el producto no excedía el 70% del costo total de producción. En 1960, el precio fuera de fábrica de los productos de importación restringida no podía superar en más de un 25% los precios de las importaciones competitivas. En 1964, este margen se redujo al 15%, en 1968 al 10%, y en 1973 al 5%.

El papel del Estado en esta industrialización exportadora debe ser remarcado.

El caso de Corea merece tal vez una atención particular, porque es la experiencia que ha sido con mayor frecuencia exhibida en América Latina como ejemplo de este nuevo paradigma que estaría basado en la apertura al mercado internacional y en la minimización del papel del Estado. Ya se ha hecho referencia a la enorme distancia que existe entre la política proteccionista aplicada por Corea y la imagen que de ésta se ha venido proyectando en América Latina. Una primera expresión de la participación activa del sector público en el diseño de la estrategia industrial se encuentra al analizar el esquema de planificación que se puso en práctica en Corea en 1962. El primer plan, 1962-66, tuvo como objetivos centrales el favorecer la expansión de industrias estratégicas; reforzar la infraestructura económica del país y favorecer en forma particular el crecimiento de la productividad en el sector agrícola. El segundo plan; 1967-71, formuló como objetivos centrales el favorecimiento de la articulación interna de la estructura industrial y el estímulo de las exportaciones industriales. El tercer plan, 1972-76, tenía como objetivo central el desarrollo de la industria mecánica y la industria pesada, además del mejoramiento de la balanza de pagos.

Muy variados han sido los incentivos ofrecidos por el Estado coreano a un grupo seleccionado de empresas exportadoras. Y mucho más conocidas aún es su férrea política de enfrentamiento a la organización de los trabajadores; aún en períodos de rápido crecimiento del salario real la distribución del ingreso ha mostrado tendencias regresivas, en relación a los salarios e incluso en lo que atañe a las pequeñas empresas. Cualesquiera sean las valoraciones que merezca el accionar del gobierno coreano en materia de industrialización calificarlo de neutral o prescindente parece ajeno a la realidad.

En lo que se refiere a la participación de las empresas transnacionales en el desarrollo de la industria, el mismo parece haber sido bastante mayor en América Latina que en el sudeste asiático, donde la importancia de las empresas nacionales estaría señalando tal vez una de las especificidades de los modelos asiáticos que, por lo demás, reafirman la inspiración “japonesa” de su estrategia industrial; la gravitación central y el liderazgo del sector industria nacional y su vocación y competencia para definir opciones estratégicas de penetración en los mercados internacionales creando, con el esfuerzo interno, las “ventajas comparativas” del futuro.

Bajo esta óptica, la industrialización exportadora del sudeste asiático aparece como un “proyecto nacional”, diseñado por una élite que es capaz a la vez de imponerlo a la sociedad y de aprovechar una favorable coyuntura internacional.

En efecto, los países que nos ocupan sacaron partido de su situación geopolítica, gracias a la cual la ayuda económica, particularmente norteamericana, fue considerable y hasta decisiva —en los casos de Taiwán y Corea— en la etapa de gestación del modelo de industrialización. Este pudo sustentarse en el auge económico de los países centrales y en la expansión del comercio internacional de los ‘60, y en el desplazamiento a la periferia de empresas que buscaban la disminución de los costos salariales y de los conflictos laborales. La industrialización exportadora pudo así cobrar vuelo contando con mercados relativamente abiertos en los países más ricos y un sustancial flujo de recursos externos. En las naciones recién citadas incidió notablemente, además, el auge del Japón, sus inversiones, las demandas provenientes de su crecimiento industrial y —a medida que este último se sofisticaba— el desplazamiento hacia regiones vecinas de ramas intensivas en mano de obra. Los factores mencionados fueron bien aprovechados —a diferencia de lo que sucedió en otras partes de la periferia, que por diversos motivos recibieron fondos considerables durante ciertos periodos— para generar una dinámica endógena de crecimiento, a partir de la “cuidadosa, selectiva y lúcida política de protección al aprendizaje de la industria nacional”, como dice Fajnzylber. Así, cuando la situación cambió, pasando a ser más difícil el acceso a los mercados de los países ricos y menos importante el contar con mano de obra barata, la capacidad productiva lograda permitió mantener y aún incrementar la competitividad exportadora global.

Cuatro años atrás se podía decir que el desarrollo manufacturero sustentado en la baratura de la mano de obra empieza a encontrar su talón de Aquiles en la automatización. En la década pasada [la de los ‘70], la crisis empujó a muchas compañías a emigrar desde los países centrales a otros donde podían encontrar trabajadores competentes en abundancia a precios notablemente inferiores. Se asistió así a una especie de redivisión internacional del trabajo, en la cual grandes ramas tradicionales —la producción textil, notablemente, y varias otras— pasaron a alimentar una importante corriente exportadora hacia las naciones más ricas. Pero en esta década [la de los ‘80] la tendencia parece revertirse, pues las compañías prefieren automatizar antes de que emigrar; se comprueba un proceso de recentramiento; la proximidad a los principales mercados y a las fuentes del progreso técnico primarían sobre consideraciones salariales en la medida en que la proporción de los salarios en los costos totales de la industria disminuye notablemente. Se conjetura que semejante recentramiento afectará especialmente no a la primera tanda de los NICs —nuevos países industrializados— sino a los que emprendieron más tarde la misma ruta. En efecto los primeros —representados por la “banda de los cuatro” del Asia Oriental; Corea del Sur, Taiwán, Hong Kong y Singapur— han alcanzado ya un grado de satisfacción tecnológica y económica tal que su competitividad no se apoya sólo en salarios reducidos”.

Hoy es difícil dudar de que esto último es cierto.

Conviene pues prestar especial atención al conjunto de factores internos que habrían contribuido de manera decisiva al rápido crecimiento económico experimentado pro-Corea, Hong Kong, Taiwán y Singapur en la posguerra: la vocación industrializadora del Estado que se expresaba a través de la subordinación de la esfera financiera al objetivo del crecimiento industrial, la definición de prioridades sectoriales y de políticas económicas integrales de apoyo a las ramas seleccionadas, la diáfana articulación con un sector empresarial dotado de voluntad y vocación industrializadora, la pasividad laboral y la fragilidad de las organizaciones sindicales (que se explicarían tanto por factores político-represivos como por la elevada densidad de población con baja productividad en las condiciones iniciales), y el diseño y utilización lúcidos de una política masiva de capacitación de mano de obra. En los casos de las ciudades-Estado de Hong Kong y Singapur, esta vocación industrializadora se complementaba con la tradicional competencia y experiencia empresarial en el ámbito comercial y financiero.

La industrialización exportadora del Sudeste asiático conlleva no pocas lecciones, pero suscita interrogantes aún mayores.

Entre las primeras, seguramente la primera a destacar es la de que los éxitos productivos allá logrados no son en modo alguno el fruto de algún conjunto relativamente sencillo de “recetas” económicas —y mucho menos las que hoy están tan en boga por nuestros lares— sino el resultado de un proceso complejo en el cual corresponden roles destacados a factores de índole social, cultural e institucional, así como al contexto geopolítico. Cabría también resaltar, una vez más, la importancia de la vocación industrializadora, con visión de largo plazo, atención a la dinámica tecnológica internacional y decisión política para promover estrategias sectoriales a partir de la interacción entre el sector público y el empresariado. Y, más en general, no está de más repetir lo obvio: ni es deseable ni es posible imitar la vía de los “cuatro dragones” del Asia Oriental.

Ha sido en un contexto socio-político signado por el autoritarismo y la desigualdad que esos países han llevado a cabo una impresionante experiencia de desarrollo, prácticamente la única de envergadura escenificada en la periferia durante las últimas décadas. Por supuesto, ello no supone apología alguna del autoritarismo o de la desigualdad: ambos fenómenos han sobrado a lo largo y al lo ancho del mundo, por lo general conviviendo con el estancamiento económico, y frecuentemente agravándolo. Pero la experiencia comentada en esta sección replantea inexorablemente la vieja y dada vez más angustiante pregunta: ¿son compatibles la democracia y la equidad con el desarrollo de los países postergados? No lo han sido mayormente en la segunda mitad de este siglo. Las tendencias profundas de la evolución técnico-productiva contemporánea, ¿afianzarán esa aparente incompatibilidad o diversificarán la gama de los futuros posibles? La cuestión nos lleva directamente al tema de la próxima sección.

2g. El llamado nuevo paradigma técnico-económico

La gran transformación en curso de las estructuras productivas ha sido catalogada de muy diversas maneras. Varias la describen como una revolución, incluso con mayúscula: nueva revolución tecnológica o nueva revolución industrial o tercera revolución industrial; Revolución científico-técnica o Revolución de la Información. Pocas dudas caben de que estamos viviendo cambios de naturaleza revolucionaria, en muchos órdenes de la vida en sociedad, por lo cual conviene usar el calificativo con circunspección aunque sólo sea para evitar su banalización.

Denominaciones del tipo indicado obligan a “medir” el conjunto de fenómenos considerados en relación a las dos grandes Revoluciones tecnológicas, o mejor dicho socioproductivas, de la historia de la humanidad: la Revolución Agrícola y la Revolución Industrial. Carlo Cipolla previene contra la tendencia a etiquetar como “revolución” a cierto tipo de cambios que, si bien son significativos, tienen lugar frecuentemente sin por ello alterar fundamentalmente el carácter de la economía de las sociedades en las que se producen.

La Revolución Agrícola de 8.000 a.C. y la Revolución Industrial del siglo XVIII d.C., por otra parte, crearon brechas profundas en la continuidad del proceso histórico. Con cada una de estas dos revoluciones empieza una “historia nueva”, una historia dramática y completamente ajena a la anterior. La continuidad entre el hombre de las cavernas y los constructores de pirámides se rompió, del mismo modo que se rompe toda continuidad entre el labrador de la antigüedad y el operario de la moderna estación nuclear.

Quizás estemos atravesando una brecha comparable en la evolución histórica, pero la propia sospecha debe impulsar a un uso prudente de los términos, aunque sólo sea para evitar que el nombre “revolución” nos haga olvidar la necesidad de probar que realmente eso es lo que está ocurriendo. Para calibrar los alcances del proceso en curso conviene ensayar primero una presentación de conjunto de su principales rasgos. Eso es lo que vienen intentado varios autores que se ocupan del denominado “nuevo paradigma técnico-económico”, tema al que nos referiremos en esta sección, apoyándonos principalmente en ciertas obras ya mencionadas de C. Freeman y en algunos trabajos de la investigadora venezolana Carlota Pérez.

Freeman propone clasificar las innovaciones en los siguientes tipos: (a) innovaciones incrementales, que tienen lugar prácticamente a diario, sin efectos dramáticos, pero cuyo efecto acumulado sobre el incremento de productividad es muy grande; (b) innovaciones radicales, como el ferrocarril o los reactores nucleares; (c) cambios de “sistema tecnológico”, basados en una combinación de innovaciones incrementales y radicales, técnicas y organizaciones, que tienen amplio impacto en la economía, como la “constelación” de innovaciones en los materiales sintéticos que tuvo lugar entre los años ‘30 y los ‘50 de este siglo; (d) cambios de “paradigma tecno-económico” o “revoluciones tecnológicas”.

A partir de la Revolución Industrial se distinguían cinco paradigmas tecno-económicos, cada uno de los cuales incluye una “mejor práctica” y aprovecha algún insumo particularmente barato. Intentaremos presentar de manera casi telegráfica el esquema de Freeman.

- (1) 1770-1780 a 1830-1840: período de la Revolución Industrial y, luego, el de los llamados “tiempos duros”; introducción de la mecanización; centralidad de los textiles y de la industria del hierro; organización fabril de las ramas productivas fundamentales; competencia entre empresarios individuales y pequeñas empresas (de menos de 100 empleados).

- (2) 1830-1840 a 1880-1890: prosperidad victoriana y más tarde la “gran depresión”; difusión del uso de las máquinas a vapor y del ferrocarril; centralidad de su producción y del carbón; nuevo sistema de transporte; apogeo de la competencia entre empresas pequeñas, y aparición de empresas que emplean miles de empleados.
- (3) 1880-1890 a 1930-1940: la “belle époque” y la nueva “gran depresión”; difusión de la electricidad y de la ingeniería pesada; centralidad de las máquinas eléctricas, el acero y la química, colorantes en particular; estandarización; monopolios, oligopolios e intervención estatal en la economía.
- (4) 1930-1940 a 1980-1990: la época de oro del crecimiento y del pleno empleo keynesiano, seguida por la crisis; difusión de la producción en masa de tipo fordista; centralidad de las industrias de automotores, aviones, armamentos motorizados, bienes de consumo durables, materiales sintéticos, etc. y de la energía, del petróleo especialmente; producción en serie, a partir de la línea de montaje, la plena estandarización, las economías de escala y la energía barata; competencia oligopolística y auge de las corporaciones transnacionales.
- (5) Iniciado en 1980-1990, sería el paradigma de las tecnologías de la información y comunicación; se caracterizaría por: la difusión de los dispositivos asociados a esas tecnologías; la centralidad de la microelectrónica; la producción flexible, las economías de rango (“scope economies”) y la integración del diseño, la producción y el mercadeo; las redes de colaboración entre empresas grandes y pequeñas.

Vale la pena considerar con cuidado el papel de la información en el “paradigma tecno-económico” que estaría surgiendo y, más en general, la evolución de sus relaciones con la producción. Según se anotó antes, la Revolución Industrial puede, desde cierto ángulo, ser vista como la Revolución de la Energía. Esta última, a diferencia de lo que pudiera pensarse hace 25 ó 30 años, parece perder su centralidad en la economía, aunque es obvio que su papel sigue siendo muy importante. ¿Estaremos viviendo los albores de la Revolución de la Información?

En todo caso, es claro que frecuentemente la mayor parte de los empleados de empresas ubicadas en las ramas más dinámicas no se ocupan de producir o manejar bienes sino de generar, procesar y distribuir información. En general, parecería que la proporción de personas dedicadas a la producción directa ha descendido sensiblemente en relación a las que tienen que ver con el conjunto de actividades —investigación, desarrollo, diseño, entrenamiento, servicios técnicos, patentes, mercadeo, investigación de mercado, gestión— en las que la información es central. Y la complejidad rápidamente creciente de la misma hace decisivo el problema de su manejo, en sentido amplio, lo cual incluye la lucha cada vez más encarnizada contra la desinformación resultante del exceso de información en bruto, esa inundación de datos y novedades que amenazan con hacer estallar —como le sucedió al protagonista de *“La nube negra”*, la sugerente novela de Fred Hoyle— nuestra capacidad de asimilación.

Pero volvamos al enfoque de Freeman. Cada cambio de un paradigma a otro tendría entre sus causas la aparición de innovaciones, no sólo en materia de productos y de procesos sino también en el plano de la organización de la producción y en las instituciones. Las depresiones podrían ser vistas como inadecuaciones entre paradigmas emergentes y marcos institucionales preexistentes, mientras que los “booms” indicarían la adecuación entre el paradigma dominante y el “clima socio-institucional”.

En esta perspectiva, la crisis estructural de los ‘80 es vista como la transición de la economía mundial a una etapa en la cual la tecnología se basará en productos y procesos “intensivos en información”, tal como la crisis estructural de los ‘30 marcó la transición a un sistema de producción en masa y en serie, “intensivos en energía”. Los “cambios de paradigma” generan gran inestabilidad, entre otros motivos porque afectan a todas las decisiones ligadas a la inversión, y acentúan el desarrollo desigual, requiriendo por ende que se conforme un nuevo contexto institucional de regulación. La insistencia de Schumpeter en la interdependencia entre innovaciones técnicas e innovaciones organizativas [y de Marx, se siente uno tentado a agregar] se hace evidente en el caso de la tecnología de la información. “La mayor parte de las ventajas económicas y técnicas que la misma hace posibles dependen de cambios en la organización y el desempeño de la gestión. Muchas de ellas dependen de cambios estructurales de largo alcance, incluyendo cambios institucionales e innovaciones sociales en una escala más amplia.

Amplia atención ha prestado Carlota Pérez a este tema fundamental de las relaciones entre cambios técnicos y cambios organizativos. La siguiente cita resume bien su punto de partida: “La microelectrónica es ampliamente reconocida como el núcleo de una revolución tecnológica llamada a transformar el aparato productivo mundial de manera múltiple, masiva y prolongada. Bastante menos visible es la otra cara de la actual transición tecnológica: el cambio organizativo o, más exactamente, el desmoronamiento del viejo sentido común gerencial y su reemplazo gradual por un modelo distinto de máxima eficiencia productiva.”.

Por ende, el éxito competitivo tiende a vincularse con el énfasis puesto en la transformación organizativa, que es por cierto bastante más difícil que el cambio en el equipamiento. Ciertas tendencias profundas señalan el surgimiento de un “nuevo sentido común”.

En primer lugar, asistimos al descaecimiento de “las estructuras piramidales jerárquicas y cerradas”; modelo organizativo centralizado y vertical, con compartimentación de las diversas especializaciones, que predominó durante

largo tiempo en todo tipo de instituciones, generando crecientes rigideces y lentitudes. Tiende a ser sustituido por un modelo de “redes planas, interactivas y abiertas”, dotadas de autonomía, en las que se reúnen competencias diversas para un trabajo interdisciplinario en función de objetivos no parcelados.

Esta forma de estructura en red es el paralelo humano de la que en sistemas computarizados se denomina inteligencia distribuida. En lugar de tener un solo gran computador central dirigiéndolo todo, se da capacidad de captación y procesamiento de información a los diversos puntos de red dotándolos de condiciones para la toma de decisiones. Estos a su vez envían la información pertinente para el seguimiento central, teniendo a menudo posibilidades de optimización de nivel intermedio, a través de la comunicación horizontal.

Paralelamente, va perdiendo sus viejas ventajas la producción estandarizada en gran escala y cobran fuerza las estructuras flexibles y adaptables a condiciones rápidamente cambiantes. Ello tiene que ver con la capacidad para diversificar la producción, para impulsar una información polivalente de los trabajadores y para llevar adelante cambios tecnológicos.

La llamada organización científica del trabajo se basó en la premisa de que la gerencia posee todo el conocimiento necesario para la organización óptima de la producción, por lo cual, dado un buen diseño de la planta y de los puestos de trabajo, acompañados de manuales bien escritos y un adecuado sistema de disciplina, es posible moverse hacia un sistema de operación óptimo y mantenerse allí. Independientemente de si esto funcionaba así en la práctica o no el hecho es que esas han sido las ideas guía de la ingeniería industrial y la gerencia de operaciones.

Pero cuando el cambio se hace permanente un sistema de producción es eficiente si es a la vez un sistema de aprendizaje permanente y colectivo. Ello demanda una transformación en lo que tiene que ver con la estabilidad, la participación y el estímulo a la innovación de los trabajadores, que posiblemente resulte la más difícil entre las que plantea el “nuevo sentido común”.

Este requiere nuevas formas de cooperación, al interior de las empresas, entre distintas empresas, entre ellas y sus clientes —teniendo a fabricar un producto como se brinda un servicio—, con el sector público.

El tan debatido rol del MITI en el desarrollo japonés puede entenderse como una forma de superar el dilema entre el control del Estado y la libre competencia: un sistema de economía de mercado orientado por un plan diseñado con participación de todos los actores y acordado entre ellos. En el fondo esto no es más que aplicar a nivel de todo un país el mismo principio de organización en red con alta autonomía de cada unidad y con una orientación estratégica común que fortalece a todos los integrantes del conjunto.

Los criterios modernos para la eficiencia buscan combinar “lo mejor de dos mundos”: las grandes empresas crean unidades de tareas con la agilidad, la creatividad y la autonomía de las pequeñas empresas, y éstas forman redes de colaboración —en investigación y desarrollo, por ejemplo— que les ofrecen economías de escala y les permiten conseguir “masas críticas” para afrontar grandes desafíos.

Como ya se anotó, Carlota Pérez subraya la coherencia interna entre el nuevo modelo de gestión y las características propias de la tecnología informática, viendo a la adopción del primero como un prerrequisito para el mejor aprovechamiento de la última: en Estados Unidos se originó la denominada revolución microelectrónica, pero fue en Japón donde mejor se la aprovechó para elevar la productividad.

La necesidad de cambios tanto en materia de organización como de equipamiento diversifica las rutas hacia una mayor productividad. Es de notar que si se atiende primero al cambio de equipos, los costos pueden ser mucho mayores. Pero priorizar la adopción de una estructura interactiva y participativa puede ser una decisión mucho más difícil para los que tienen el poder de realizarla.

El trabajo que venimos glosando concluye así: “A la larga... la frontera de la competitividad será tecnológica; estará dada por el uso integral y dinámico de las tecnologías genéricas y por el constante mejoramiento de las tecnologías específicas. El dominio tecnológico, anclado en una sólida base organizativa y en recurso humanos cada vez más calificados, cada vez más creativos y nutridos de experiencia práctica, es y será la condición determinante de alcanzar y mantener la competitividad. Fue la vieja mentalidad, asociada al patrón tecnológico y gerencial hoy caduco, la que imaginó que la microelectrónica y la automatización expulsarían a los seres humanos del proceso productivo. Gradualmente se va comprendiendo más nítidamente que en la sociedad de la información la clave del éxito será el factor humano”.

Por supuesto, simpatizamos con semejante enfoque. El mismo capta, seguramente, varios rasgos definitorios de la transformación en curso. Pero, en su compatible afán por encontrar sustentos objetivos para cambios deseables, quizás deje al descubierto algunos flancos vulnerables. Sin cuestionar la idea de que “en la sociedad de la información la clave del éxito será el factor humano”, cabría empero preguntarse cuáles serán las condiciones de vida fuese factor decisivo, y qué proporción de los seres humanos compondrán. Una lectura en clave optimista de la experiencia japonesa parece informar la posición de Freeman y Carlota Pérez. La centralidad de tal experiencia no está en duda, y no debiera estarlo la necesidad de aprender de ella. En esta modesta monografía no poca atención le hemos dedicado, remarcando algunas

claves de sus éxitos que cualquier estrategia renovada para el desarrollo debe tener en cuenta, pero también la profunda especificidad histórica y cultural de la misma. Y, más aún, la relación de tales éxitos con formas y condiciones de vida bien poco deseables. Pero nos tememos que, ubicados en la periferia, debemos matizar aún más el panorama. Dice Carlota Pérez: “Fue la vieja mentalidad, asociada al patrón tecnológico y gerencial hoy caduco, la que imaginó que la microelectrónica y la automatización expulsarían a los seres humanos del proceso productivo”. Ahora bien, ¿no es ese el panorama que se dibuja ante una enorme proporción de las personas que no viven en los países más avanzados?

En un trabajo anterior, la misma autora había desarrollado la tesis de que al presente se vive un periodo de transición durante el cual el cambio técnico, lejos de ser un obstáculo, puede constituir el más poderoso instrumento disponible para llevar adelante una reestructura exitosa en los países en desarrollo, en la medida en que se tenga en cuenta la naturaleza cambiante de las oportunidades tecnológicas y se esté pronto para efectuar a tiempo cambios adecuados en las instituciones y en las políticas. La apertura de ciertas “ventanas de oportunidad” es lo que suele ocurrir en las fases iniciales de un nuevo “paradigma”, que no consiste sólo en un nuevo conjunto de industrias y productos, sino también en una nueva lógica para hacer bien las cosas en las más diversas áreas, nuevas o viejas. La idea —muy esquematizada— es que, en los comienzos de una etapa caracterizada por tecnologías y “lógicas” de eficiencia renovadas, los principios científicos y técnicos básicos para la innovación pueden ser aprendidos con cierta fluidez, en universidades e institutos de investigación, mientras que en etapas posteriores las pericias se privatizan —vía patentes, secreto industrial, experiencia acumulada dentro de las empresas— con lo cual crecen las barreras que deben sortear los recién llegados.

En la perspectiva reseñada, la primera institución afectada por el cambio de paradigma tecno-económico es la empresa. Esta, en los países subdesarrollados, no fue en general pensada para evolucionar sino más bien para utilizar tecnologías maduras, supuestamente ya optimizadas, en un contexto en el cual la competitividad dependía más de factores exógenos que de la capacidad y la calidad. Y los esfuerzos transformadores encuentran más obstáculos que apoyos, dada la escasez de recursos humanos adecuadamente capacitados, la falta de respaldo financiero a la innovación y la inadecuación de los instrumentos de política industrial.

Semejantes bloqueos son preocupantes por dos motivos principales. En primer lugar, los tiempos de transición —cuando aparecen nuevas oportunidades para los rezagados— son también tiempos de crisis, en los que pensar y actuar en función del largo plazo se hace particularmente difícil, pues estancamiento, deuda, inflación, desempleo e incluso el hambre lisa y llana focalizan la atención en el corto plazo. Y, en segundo lugar, este enfoque lleva a prever que tales “ventanas de oportunidad” se cerrarán pronto, cuando cobre vigor un nuevo ciclo de crecimiento económico, se haga más difícil el acceder a las ramas más dinámicas donde nuevas barreras se habrán erigido, y vuelva a incrementarse el retraso de los países postergados que no hayan procesado su reestructura a tiempo.

Carlota Pérez ofrece así un enfoque sugerente de esa cuestión medular —la revisión de las estrategias para el desarrollo a la luz de la transformación tecnológica en curso— a la cual procuramos acercarnos con estas páginas. La idea de la “ventana de oportunidad”, que se abre en el período de transición al nuevo “paradigma” pero que tenderá a cerrarse, resume de alguna manera ciertos desafíos nuevos y subraya que no es imposible afrontarlos. Para calibrar todo ello parece empero imprescindible afinar el análisis en al menos dos direcciones. Pensamos, por un lado, en el papel de la ciencia en la presente etapa de cambio técnico y, por otro, en el tema —que no es por cierto ajeno al anterior— de las especificidades, de la periferia y de cada una de las áreas y naciones que la integran.

Retomando una terminología empleada en el primer capítulo de este trabajo, quizás no sea inútil pensar —alternativa pero no excluyentemente— a la etapa actual como un tercer ciclo de crecimiento industrial. Postergando todo intento de caracterización global para una instancia ulterior, consideremos la cuestión tan sólo desde el punto de vista de las relaciones entre ciencia, tecnología y producción. Muy esquemáticamente, en el primer ciclo de la industrialización —que se inicia con el desencadenamiento de la Revolución Industrial— el desarrollo tecnológico y productivo deben muy poco a la ciencia; ésta, en cambio, llega a desempeñar un papel mucho más importante en un segundo ciclo de crecimiento industrial, cuyos orígenes son también los de la industria basada en la I+D, o si se prefiere, en la “industrialización de la ciencia”. Las mayores innovaciones tecnológicas pasaron a basarse crecientemente en el conocimiento científico, formalizado y sistemático pero, en general, también ya maduro, sedimentado y ampliamente difundido. En la segunda mitad de este siglo ello empezó a cambiar notoriamente; en breve, las innovaciones tecnológicas más trascendentes se van ligando cada vez más a la “ciencia de punta”, a la que se está haciendo y no sólo a la que está —o parece— ya hecha. Los plásticos y la energía nuclear ejemplifican ya esta tendencia, que amplifican las tecnologías espaciales, las del complejo electrónico o las de los nuevos materiales —del tipo de las cerámicas y los plásticos especiales— y probablemente llegue a ser aún más impactante en el mundo de las biotecnologías.

Las fronteras entre ciencia básica, investigación aplicada, tecnología, desarrollo y producción no desaparecen, pero se vuelven mucho más complejas, más variados los puentes entre tales áreas y más cortos los tiempos que insume el cruzarlos en uno y otro sentido.

Desde este punto de vista, podría arriesgarse la siguiente metáfora. El surgimiento de la fábrica marcó el inicio de la industrialización, en un mundo que o por ello dejó de estar colmado de talleres artesanales. La aparición del laboratorio de I+D —la fábrica de tecnología de la que hablan Sábato y Mackenzie— señaló el comienzo de un segundo ciclo de crecimiento industrial, sin que cesara sino todo lo contrario la expansión planetaria de las fábricas. Quizás un tercer ciclo naciente se vea simbolizado por los “parques tecnológicos” donde viven juntos —geografía, económica y culturalmente— la academia, el laboratorio y la fábrica.

Ello tiene por demás obvias vinculaciones con la cuestión —encarada tanto en esta sección como en la referida al fordismo— del nuevo papel del conocimiento y del trabajo calificado, así como con la pérdida de espacio en la economía del trabajo no calificado. Y ello nos devuelve a la periferia, a sus atrasadas estructuras educativas y sus débiles sistemas de investigación, tan pobremente vinculados —en términos relativos y promediales— al mundo de la producción.

Así, el ciclo que se inicia —bien denotado como el “nuevo paradigma tecno-económico”, aunque otras denominaciones sean también de recibo— puede abrir ante los países postergados una “ventana de oportunidad” pero también, y desde el comienzo mismo, ensancha la brecha que los separa del desarrollo autosostenido. Estirando puede que en demasía la metáfora, diríamos que para acercarnos a la venta, y estar en condiciones de atravesarla antes que se cierre, hay que saltar un foso que es ya hoy más grande que ayer.

En definitiva, los desafíos de la innovación —en los que se hundieron viejas y no tan viejas estrategias para el desarrollo del Tercer Mundo— lucen tan grandes que las alternativas a ensayar tienen que ser no sólo nuevas sino también específicas.

Conclusión provisoria desde un pequeño país dependiente

Una mirada a la historia, por rápida que sea, muestra al avance tecnológico como proceso social, indisociable de las grandes decisiones, explícitas e implícitas, que cada nación adopta, o esquivo. Y es la capacidad de decisión de cada país la que se ve interpelada por los actuales desafíos de la innovación.

En el centro de la problemática del desarrollo se ha instalado, presumiblemente para quedarse, la cuestión de la creatividad tecnológica y social, del potencial para la innovación entendida como fenómeno global. Conviene tener presente a este respecto una cita de Touraine que precave contra toda interpretación unilateral: “El crecimiento es el resultado, más que de la acumulación de capital solamente, de un conjunto de factores sociales. Lo más nuevo es que depende muchos más directamente que antes del conocimiento y, por consiguiente, de la capacidad de la sociedad para crear creatividad. Trátese del papel de la investigación científica y técnica, de la formación profesional, de la capacidad de programar el cambio y de controlar las relaciones entre sus elementos, de dirigir organizaciones y, por tanto, sistemas de relaciones sociales, o de difundir actitudes favorables a la puesta en movimiento y a la transformación continua de todos los factores de la producción, todos los terrenos de la vida social, la educación, el consumo, la información, se hallan integrados cada vez más estrechamente a lo que antaño podían llamarse fuerzas de producción.”

La centralidad de la innovación ha recibido reconocimiento creciente al mismo tiempo que el pensamiento sobre el desarrollo tiende a la marginalidad. No se trata —ya lo hemos subrayado— de un paralelismo casual. Entramos pues con un bagaje conceptual reducido a una etapa histórica, cuya caracterización no es fácil, pero para la cual no faltan argumentos que permiten hablar de una nueva revolución tecnológica. El debate, rozado apenas en páginas precedentes, tiene un interés que desborda lo académico: sin una cierta capacidad de comprensión del presente y de anticipación del futuro, seremos sus juguetes. En cierto sentido, el “cambio de paradigma tecno-económico” nos abre una “ventana de oportunidad” pero, si ésta se nos cierra, el retraso no permanecerá igual: se hará mayor.

A lo largo de la historia, ese fenómeno mayor se ha hecho patente una y otra vez: toda gran transformación tecnológica tiene una cara en la que brillan las innovaciones —es la que miran sus protagonistas— y otra, oscura, vuelta hacia los pueblos que quedan al margen de los cambios, donde ellos ven el reflejo de su dependencia y su atraso, que se traducen en el agravamiento de las desigualdades sociales y de la miseria. La transformación en curso ya está generando nuevos lazos de dependencia entre las naciones, nuevos factores de desigualdad entre los seres humanos.

Es pues bajo el signo de la urgencia que debemos repensar las estrategias para el desarrollo, y las teorías que las informan. El pensamiento sobre estas cuestiones deberá presentar a la problemática tecnológica la atención que en el pasado le escatimó. Pero, desde nuestro punto de vista, no podrá contentarse con ser algo así como una “economía política del crecimiento y el cambio tecnológico” en general. Nos hacen falta, en especial, visiones más específicas, apropiadas para cada región o nación de la periferia. No habrá seguramente una “teoría abstracta” que resuelva nuestros problemas; tampoco lo hará una estrategia que aspire a la validez en el sur de América, al este de Asia y el centro de Italia.

En cierto sentido, se trata de abrir “ventanas de oportunidad” propias.

Las nuevas tecnologías permiten un abordaje más barato y eficiente de problemas que afectan a grandes mayorías de la población. Una reorientación de proyectos apuntando a ese tipo de problemas —actualmente relegados en favor de otros dirigidos a élites o minorías— presenta una gran ventaja derivada de su vasto campo de aplicación. Lo que se

desarrolle en el Uruguay en el área de telefonía rural, de sistemas especializados de información en el campo agrícola, de apoyos técnicos para la educación, de avances en el campo médico-sanitario, etc., puede resultar de casi directa aplicación en otros países del Tercer Mundo. Y por ello mismo, abren una puerta de vital importancia: la de la cooperación tecnológica a través del desarrollo de proyectos conjuntos. Lo que acabamos de mencionar apunta a una noción de “oportunidad” que va más allá de lo técnico, aunque en parte se viabilice a través suyo: la de ocuparse eficientemente de problemas hasta ahora relegados y en los que nadie fuera de nuestros países se interesará mayormente.

El desarrollo tecnológico y productivo es un complejo proceso social, que no puede sino transitar por caminos históricos variados; caminos condicionados por la trayectoria pasada, por las dimensiones cuantitativas y cualitativas de los recursos humanos y materiales de cada área o país, por su inserción internacional; caminos definidos por la cultura en el sentido más amplio de la palabra, por las experiencias vitales y por la disposición espiritual de la gente.

Pero el reclamo de especificidad no puede ser interpretado en clave aldeana ni, mucho menos, como coartada para darle la espalda al mundo, en el cual por cierto América Latina ha venido perdiendo importancia. Curiosamente, algunos de los que más subrayan nuestro condicionamiento desde el exterior suelen proponer actuar como si ese exterior no existiera. Tenemos que mirar al mundo —que nos influye cada día más, guste o no— ante todo para aprender de lo que no hay que hacer, así como lo que no se puede dejar de hacer, y también para buscar elementos que permitan descubrir, en nuestras tierras, los puntos de apoyo para construcciones nuevas.

Entre las construcciones a encarar figura la de una estructura científica acorde a estos tiempos en los cuales, como ya se enfatizó, no es sólo la ciencia madurada y estabilizada sino también la ciencia “calentita”, recién salida del horno de la investigación, la que se usa en la tecnología y en la producción. En tales condiciones, lo que urge no es sólo “hacer ciencia” a buen nivel sino también evitar el aislamiento del sistema científico, impulsar relaciones múltiples con el sector productivo, pero no sólo con él sino también con otros sectores tan importantes como el sistema educativo, por ejemplo.

Hay así un cúmulo de errores “cientificistas” a evitar. Entre otros: la suposición de que basta alimentar la “oferta” de conocimientos científicos para que su uso por la sociedad llegue a ser significativo, con el consiguiente desinterés por el fomento de la “demanda” social de tales conocimientos; la visualización del desarrollo tecno-productivo como un proceso unilineal, motorizado por las ciencias naturales (o “ciencias duras”), con un correlativo descuido de otras dimensiones de las ciencias y de la cultura, así como de las especificidades socio-históricas de cada proceso de desarrollo; la concentración de los esfuerzos de capacitación en los vértices de la pirámide, desatendiendo uno de los rasgos mayores de esta tercera etapa del crecimiento industrial, en la cual éste depende fundamentalmente de la extensión de la cultura técnica y de la capacidad creativa de la gente.

Errores de esta especie, que no son ajenos a la realidad de nuestro continente, reflejan una escasa comprensión del carácter global propio de los desafíos contemporáneos de la innovación. Tal incompreensión se traduce también en errores que, en cierto sentido tienen signo opuesto a los recién anotados; nos referimos, por ejemplo, a los que se cometen cuando se pretende impulsar el progreso tecnológico sin hacer lo propio con la ciencia básica, argumentando ya sea que ésta se consigue “libremente” en la literatura internacional, ya sea que es escasa su incidencia en aquél. Se pierden así de vista las relaciones, cada vez más complejas pero también más estrechas, entre ciencia, tecnología y dinamismo empresarial; se ignora que “la ciencia” no proporciona respuestas prefabricadas para las problemáticas tecno-productivas específicas, sino que las mismas deben ser construidas a partir de la convergencia de una capacidad científica propia con el análisis de la propia realidad; se olvida, en fin, la lección de tantas compras “llave en mano”, y a tapas cerradas, de plantas o procesos tecnológicos cuya inadecuación supuso enormes derroches: hasta para saber comprar tecnología —cosa que nunca dejará de ser necesaria— hay que entender de lo que se trata, lo cual es poco factible sin capacidad de investigación autónoma.

En la agenda de tareas para la construcción de nuevas estrategias para el desarrollo tiene que figurar el estudio de las políticas para la ciencia y la tecnología, particularmente desde la II Guerra Mundial, y su conversión en “políticas para la innovación”, orientadas a promover la interacción entre los múltiples actores sociales que no pueden permanecer ajenos al desarrollo tecno-productivo. Enfoque semejante ha sido cultivado en la literatura reciente vinculada con la noción de “sistema nacional de innovación, terna que debe figurar en la agenda bajo tres direcciones de estudio. En primer lugar, la elaboración teórica del concepto; en segundo lugar, el estudio de tipo histórico y estructural del propio sistema nacional de innovación” en concreto, con sus grandes lagunas y sus deficientes articulaciones pero también con sus baluartes y sus incipientes conexiones; en tercer lugar la formulación de estrategias adaptadas a esa realidad y que en la misma se apoyen para superarla.

Cabe sostener que una vía fructífera para renovar las estrategias para el desarrollo será pensarlas como políticas para la construcción del sistema nacional de innovación.

En tal perspectiva, el caso de los países pequeños merece una consideración diferenciada. Para ciertos académicos convencionales, la “pequeñez” no es categoría de recibo. Presumiblemente se equivocan, particularmente porque el

“cambio de paradigma tecno-económico” no sólo ha erosionado las ventajas de la gran escala sino también profundizado las especificidades que no son necesariamente desventajas, pues la flexibilidad y la fluidez de la comunicación entre diversos actores sociales pueden conformar activos reales, siempre que se conozcan bien sugerentes experiencias de otras tierras y mejor las características de la propia, para formular una estrategia también propia.

Quizás el mayor desafío para una reformulación desde la periferia de las estrategias para el desarrollo lo constituyan las “nuevas desventajas comparativas” que el cambio técnico entraña. Pierde importancia económica la abundancia de mano de obra barata que sustentó ciertos desarrollos industriales. También la pierden los productos primarios en general, debido tanto al auge de los productos sintéticos y de los nuevos materiales, o al mejor aprovechamiento de diversas formas de energía, como por esa tendencia mayor que ha sido descrita como la “desmaterialización de la producción”, en cuyos costos los conocimientos en sentido amplio, la gestión y el manejo de la información constituyen una parte decisiva y creciente. Los índices del comercio internacional alimentan la sospecha de que en la nueva “división internacional del trabajo” en gestación es la falta de trabajo lo que se reserva para la mayor parte de los habitantes de amplias áreas de la periferia. Es la prescindibilidad misma de ésta, desde el punto de vista de la dinámica económica, la amenaza que se dibuja en el horizonte. Es un mundo el que arriesga el desempleo cuando a las consecuencias de la microelectrónica y la automatización se le sumen las de la biotecnología. Se anticipa que ésta tendrá en la primera mitad del próximo siglo un papel clave similar a las tecnologías de la información en las décadas finales de este siglo. En buen romance, ello significa que quienes manejen la tecnología de punta tenderán a ubicarse en la punta de la producción agrícola y ganadera y a depender cada vez menos de los países primordialmente exportadores de alimentos. El famoso “deterioro de los términos de intercambio”, si se le entiende como la caída de los precios de los productos con poco “conocimiento agregado” en relación a los productos “intensivos en conocimiento”, es en perspectiva presumiblemente irreversible.

En este trabajo, de índole muy preliminar, hemos dedicado especial atención a las transformaciones ligadas a la microelectrónica. Una versión más elaborada requeriría un tratamiento comparable de las biotecnologías, cuyas repercusiones crecerán con el tiempo, sobre todo en relación a la problemática de la periferia, y en particular el Río de la Plata.

Lo dicho más arriba alcanza para ubicar en lugar destacado de la agenda todo lo que concierne a los cambios en el mundo del trabajo. El “postfordismo” dibuja escenarios muy diversos para el futuro de los asalariados, incluso en el Primer Mundo. La mejora en los índices de empleo en los Estados Unidos de Reagan tuvo mucho que ver con el deterioro en las condiciones promediales de trabajo. En esa bolsa rotulada “servicios”, de heterogéneo contenido, se expandieron notoriamente las ocupaciones menos gratas y peor pagas. Si la centralidad que adquieren en el “nuevo paradigma tecnoeconómico” la capacitación y la iniciativa de los trabajadores abre para estos posibilidades objetivas de mejorar su condición, no parece que esto haya sucedido ya en grado significativo. En esta cuestión obviamente difícil de apreciar, especialmente por la creciente diversificación de la situación de los asalariados. Pero, habida cuenta de esa heterogeneidad, durante la década de los ‘80 —signada por el desempleo, la inestabilidad en el empleo y el deterioro de la seguridad social— las condiciones de trabajo seguramente empeoraron en promedio por comparación a los tiempos de auge del “fordismo”. Y estamos hablando de los países más desarrollados del Occidente.

En la América Latina de la “década perdida” han sido ciertamente más agudas la degradación de las condiciones de trabajo, y paralelamente el debilitamiento del movimiento sindical. Por eso mismo es tanto más urgente bucear en la dinámica profunda de las transformaciones productivas; buscando puntos de apoyo para hacer de la mayor capacitación y creatividad de los trabajadores claves tanto del avance de la productividad como de la mejora de sus condiciones materiales y espirituales de vida. Al famoso “triángulo de Sábato” que designa a los actores del progreso tecnológico —el sector público, los empresarios y los técnicos— le está faltando un cuarto vértice, que debe surgir de una construcción social, la del movimiento de trabajadores como actor del desarrollo.

Es con esta perspectiva que convendría efectuar una nueva visita a un viejo tema, el de las tecnologías apropiadas”, tan debatido a partir del famoso libro de Schumacher, *“Lo pequeño es hermoso”*. A cuenta de una consideración ulterior de índole menos telegráfica de esta cuestión —como de otras mencionadas en esta conclusión, que es poco más que una agenda para la discusión— subrayemos la necesidad, a este respecto, de esquivar dos trampas contrapuestas. Por un lado, la identificación del progreso tecnológico con el uso de un instrumental idéntico al que se emplea en los países avanzados, y de combinaciones similares de factores productivos, lo que implica a menudo costos desmedidos del equipamiento por trabajador así como la incapacidad de proporcionar empleo a gran parte de la población. Por otro lado, la asimilación de “tecnología apropiada” con procedimiento productivo que no incorpora progreso técnico, lo que hace muy difícil atender las crecientes necesidades de poblaciones también creciente y no contrarresta la tendencias a la marginalización de la periferia. Más aún, “la casi mayor productividad de las tecnologías modernas las impone casi inexorablemente. Ello no significa que ellas sean las únicas posibles o que necesariamente deban ser intensivas en capital y energía. Se pueden imaginar y eventualmente desarrollar otras soluciones mejor adaptadas a la constelación de recursos y factores locales, pero ello sólo será posible a través de un intenso esfuerzo de investigación y desarrollo y no

simplemente con una especie de romántica “vuelta a la naturaleza”. Si la tecnología moderna no es adecuada y conveniente, la única respuesta adecuada es producir tecnología más moderna aún (en el sentido de su “edad”) que sea adecuada y conveniente.”.

Podríamos ir un poco más lejos. Las tecnologías propias del paradigma anterior eran intensivas no sólo en capital sino hasta derrochadoras en lo que tiene que ver con materiales y energía; por lo tanto, para los países subdesarrollados resultaban muy costosas al tiempo que generaban escasas oportunidades ocupacionales; más aún, se revelaron profundamente dañinas para el ambiente, en todas partes. La preocupación ecológica ha jugado un importante papel en la búsqueda de tecnologías menos derrochadoras. Ahora bien, hemos aprendido asimismo que las formas de vida impuestas por la pobreza extrema son también fuente de deterioro ambiental. A esta altura de la evolución humana, la recuperación o conservación de los equilibrios naturales es inseparable de un triple desarrollo: de una cultura ecológica, de condiciones de vida más dignas para la gente, de una capacidad productiva que permita lo anterior sin imposibilitarlo a largo plazo, vale decir, que no se sustente en la depredación de la naturaleza.

En suma, quizás resulte más adecuado, en este ciclo de crecimiento industrial, pensar no tanto en tecnologías “apropiadas” sino en términos de tecnologías intensivas en conocimiento”, lo que no es equivalente a “intensivas en capital”.

Por todos los caminos se llega a la misma encrucijada: no habrá reconversión productiva y eficiente sin una profunda reforma educativa. Argentina y Uruguay, en particular, han visto como su evolución durante el siglo que se nos va ha estado poderosamente condicionada por el tipo de sistema educativo estructurado en el siglo precedente. Una transformación de envergadura comparable a la que por entonces tuvo lugar, pensada para y desde el trabajo innovador, parece uno de los requisitos indispensables para atravesar esas más bien pequeñas “ventanas de oportunidad” que tenemos por delante. No parece posible colmar nuestro retraso en todo lo que tiene que ver con la innovación —tecnológica pero no sólo tecnológica, no debiéramos cansarnos de repetirlo— sin apostar a la generalización de la capacidad para innovar. Y esto es, en primerísimo lugar, problema de la educación: de su actualización, diversificación, flexibilización para experimentar y para aprovechar los recursos locales; de la capacidad del sistema de enseñanza para interiorizar el cambio permanente, y por ende la necesidad de la educación permanente, así como para aceptar dos consecuencias centrales de ello: en primer lugar, que hoy día lo único que puede aprenderse con carácter definitivo es a seguir aprendiendo; en segundo lugar, que no se puede esperar que la gente se interese siquiera por aprender —particularmente a intentar ser un ciudadano y un ser humano integral— desde el trabajo creativo, y sólo se puede aspirar a una ocupación innovadora desde la recapitación permanente. Ello conduce a una redefinición notablemente ampliada tanto de lo que es el sistema educativo como de lo que es un ámbito de enseñanza. Si hay algo que parece claro es que en la nueva revolución tecnológica —o como se prefiera denominarla— quedarán postergados los países que no logren llegar a ofrecer enseñanza “postsecundaria”, diversificada y de calidad, a la gran mayoría de la población en edad de acceder a ella.

Quizás la capacidad de transformar la educación, desde el potencial innovativo y para la innovación, sea la piedra de toque de la capacidad de poner en marcha nuevos procesos de desarrollo que puedan aspirar a calificativos como endógenos, autosostenidos, sustentables. Por un lado, porque todas las claves del futuro afloran cuando se encara seriamente la renovación de la enseñanza: la capacidad para la investigación, sus vinculaciones con otros ámbitos, la centralidad de la calificación a todos los niveles, sus lazos con la educación permanente, la difusión de la creatividad, de la autonomía y de los márgenes para la iniciativa. Y, por otro lado, porque algunas de las carencias mayores de las estrategias “clásicas” para el desarrollo atañen a cuestiones medulares para cualquier proyecto educativo moderno; nos referimos, por supuesto, a la relevancia de los avances científicos y tecnológicos, así como a los problemas específicos que plantean tanto su generación como su difusión; pero sospechamos que tales carencias tienen una dimensión aún mayor. Parecería, en efecto, que la cuestión de cuáles son los espacios y los actores sociales de la innovación ha sido poco atendida y/o ha recibido respuestas en exceso simplificadas.

Un enfoque muy difundido lleva a considerar cada modelo de desarrollo en relación a tres grandes aspectos: un paradigma de industrialización, un régimen de acumulación y un modo de regulación. Esto último designa al conjunto de vías a través de las cuales las contradictorias expectativas y conductas de los agentes individuales se ajustan a los principios colectivos del régimen de acumulación, entendido como el principio macroeconómico que establece a largo plazo la compatibilidad entre las transformaciones productivas y el uso del producto social; a su vez, tales vías de ajuste suelen tener que ver tanto con hábitos culturales como con disposiciones de carácter institucional.

Tal vez sea necesario desplegar aún más los puntos de mira. Ante cada “modelo de desarrollo”, cabría preguntarse, utilizando el vocablo en su estricta acepción schumpeteriana, ¿quiénes son los empresarios? Recordemos que la innovación técnica se define en economía como la primera aplicación o producción comercial de un nuevo proceso o producto, por lo cual la contribución crucial del “empresario” es vincular las nuevas ideas con el mercado o, más en general, con la demanda potencial. En general, las innovaciones incluyen alguna imaginativa combinación de nuevas

capacidades tecnológicas con posibles demandantes. La cuestión planteada es pues: ¿dónde se innova y quienes innovan?

En suma, valdría la pena enfocar cada “modelo de desarrollo” desde cinco ángulos: (1) paradigma tecnológico; (2) formas de organización del trabajo; (3) régimen de acumulación —¿quiénes controlan el excedente, cómo se decide acerca de la inversión, en qué se invierte?—; (4) modo de regulación —¿cómo se compatibilizan los intereses individuales con el funcionamiento global de la economía?—; (5) espacios y actores de la innovación.

Puede sostenerse la posición de que las propuestas “clásicas” para el desarrollo latinoamericano atendieron casi exclusivamente a los puntos (3) y (4), o a ciertos aspectos de los mismos. Quizás ello se debió no sólo al tradicional descuido en relación a lo tecnológico en particular y a la innovación en general, sino también, y más específicamente, a las esperanzas depositadas en el papel transformador del Estado así como a la suposición de que el crecimiento de la industria genera por sí mismo el necesario avance tecnológico. La experiencia no ha corroborado ni este supuesto ni aquella esperanza.

Las carencias remarcadas de las estrategias clásicas para el desarrollo de América Latina tienen mucho que ver con lo que es, pese a su heterogeneidad, su común filiación keynesiana.

Mirando en retrospectiva y sin perjuicio de considerar las realidades históricas de la época, cabe criticar la estrategia de crecimiento “keynesiana” seguida por la región en el pasado, que consistió principalmente en asegurar la demanda y la integración del mercado interno, pero descuida la eficiencia productiva. De hecho, esa seguridad del mercado atentó contra la innovación, dando lugar a una actitud empresarial rentista. En su lugar, habría que seguir un enfoque “schumpeteriano”, según el cual los incentivos a la producción estimulen el aprendizaje tecnológico y la innovación y movilicen un número creciente de empresarios.

Notemos al pasar que la problemática de la innovación no se reduce —hoy menos que nunca— a las actitudes de los empresarios. Ahora bien, la “revolución keynesiana” —que la socialdemocracia europea hizo suya, como vía para la construcción de un “estado de bienestar” integral— orientó las estrategias de la época de auge del paradigma tecno-productivo y de las condiciones de trabajo que se engloban bajo el rótulo “fordismo”. Y ya estamos en otra época.

Convendría pues analizar en relación a los cinco aspectos indicados esa revisión del antiguo pensamiento cepalino que se presenta a sí misma como un “neoestructuralismo”, y cuya formulación más notoria hasta la fecha es el documento de la CEPAL titula “Transformación productiva con equidad”. Confiando una vez más en que sea a cuenta de mayor cantidad, nos limitaremos a ciertas observaciones a partir de unas citas de dicho texto: “Penetrar los mercados internacionales exige absorber progreso técnico e innovar de modo de mantenerse en ellos por la única vía que no se agota: la agregación de valor intelectual a los bienes y servicios exportados”. La tesis nos parece indiscutible; se liga a la apuesta a las tecnologías intensivas en conocimiento. Ahora bien, “la solidez de la posición en el mercado internacional está determinada en general por el nivel de calificación de la población y por su capacidad para participar en el proceso permanente de innovación tecnológica”. También esta afirmación nos parece fundamental, por varios motivos ya extensamente mencionados y, en particular, porque subraya la centralidad de la cuestión educativa. Pero la tesis puede resultar unilateral, en más de un sentido.

Ante todo, porque la innovación que se requiere —y para la cual debe capacitarse la población— no es sólo tecnológica sino también, e incluso primordialmente, social e institucional, como lo destacamos antes siguiendo a los teóricos del “nuevo paradigma tecno-económico”.

En segundo lugar, porque la propia participación en el proceso de innovación tecnológica, lo cual incluye el desarrollo de un potencial autónomo de creación científica y técnica, es en sí mismo un proceso social complejo y conflictivo, en el curso del cual a dicho desarrollo se oponen obstáculos de variada importancia, entre los que se destacan los siguientes:

- a) Los grupos de intereses que se benefician con la dependencia tecnológica y que no permanecerán pasivos ante un programa enérgico pro autonomía tecnológica.
- b) La débil competencia del Estado, que debe cumplir uno de los papeles protagónicos, y su poca capacidad para aplicar y hacer aplicar decisiones de naturaleza tecnológica.
- c) La alienación intelectual de los grupos de la clase dirigente que postulan que nada puede cambiar porque “no somos capaces” y de otros grupos que postulan que nada puede cambiar por “no nos dejan”.
- d) La modalidad de la racionalidad existente, según la cual es mejor negocio importar tecnología que producirla localmente.
- e) La dependencia cultural, según la cual “toda tecnología extranjera es mejor... por ser extranjera”.
- f) El sistema de valores en vigencia, según el cual atender al consumo superfluo de las élites tiene prioridad a atender al consumo esencial de la mayoría de la población.
- g) El mimetismo de la periferia, que lleva a copiar hasta los peores productos y procesos del centro.
- h) Los mecanismos financieros, que no proveen de capital de riesgo para la producción de tecnología pero que avalan toda importación “prestigiosa” de tecnología.

- i) La escasa articulación entre los protagonistas del proceso: funcionarios de Estado, empresarios y gerentes, y científicos y técnicos.

Las palabras citadas fueron escritas hace más de 10 años. Aunque en algunos aspectos conviene ampliar el enfoque (por ejemplo, como ya se anotó, incluyendo un nuevo “vértice”, los trabajadores, entre los protagonistas del desarrollo tecno-productivo), en conjunto no han perdido vigencia alguna. Esta preocupación por la generación endógena de tecnología debe seguir siendo un eje central en lo que tiene que ver con la cuestión centro-periferia. ¿O acaso esta última ha perdido vigencia con los cambios técnicos? Más bien al contrario: “Las tendencias del nuevo estilo de desarrollo del centro [en relación a la periferia] agudizan su marginalización del centro el que aumenta su ventaja relativa en las tecnologías de punta basadas en el uso intensivo del conocimiento humano, que están desplazando progresivamente a las tecnologías de uso intensivo de mano de obra, recurso naturales, energía y capital. En otras palabras, se agudiza la propagación desigual del progreso tecnológico y la dependencia periférica de las empresas transnacionales del centro, protagonistas principales de los cambios caracterizados.

En la agenda no puede pues estar ausente un estudio actualizado y profundo de las relaciones entre cambio técnico, progreso y dependencia. El mismo deberá ser acometido junto a un replanteo de la vasta problemática de la modernización. Tales proyectos parecen requisitos ineludibles para una eventual revivificación de las estrategias para el desarrollo de la periferia que merezcan el nombre de tales.

Esperando que quienes disponen de la capacidad y de los recursos necesarios para acometer empresas semejantes hagan conocer pronto el resultado de sus investigaciones, nos permitiremos unas breves observaciones finales.

Cuando se propone como tarea prioritaria la “transformación productiva con equidad”, se realiza el plenamente compartible propósito de que la reconversión de la producción no perjudique a la equidad, a la democracia y a la justicia social, sino que llegue a favorecerlas. Ahora bien, nos tememos que el cúmulo de dificultades a confrontar haga inalcanzable la meta si no se encuentran conexiones más profundas y en ambos sentidos entre transformación productiva y equidad. En efecto, ¿acaso no se sostiene con frecuencia que la primera obliga a sacrificar a la segunda, temporal o permanentemente? Si hay que optar entre ambas, el futuro de la periferia postergada seguirá siendo oscuro; más aún, cabe conjeturar que la transformación productiva será parcial y contradictoria, mientras que la equidad seguirá ausente, salvo eventualmente como igualación en la pobreza y el atraso. Todavía, observemos que tal tipo de igualdad tiende a ser inestable: el atraso promueve la inequidad, con o sin desarrollo; esa es una de las principales lecciones de ciertos procesos históricos mayores de este siglo.

En suma, el “escenario tendencial”, o más probable, parece ser el que anticipa el auge de los “tigres” del Asia lejana y el relativo estancamiento de la mayor parte de la periferia: una transformación productiva profunda concentrada en ciertos islotes, y acompañada de una equidad más bien escasa, mientras que globalmente se acentúa la heterogeneidad, en la que conviven grandes áreas de atraso y aun de miseria creciente con “balcones de modernización”, en los que se mira al Primer Mundo y donde, con protección armada también creciente, se reciben sus capitales y se espejan sus ritmos financieros, su equipamiento, sus pautas de consumo.

En esa dirección parecen apuntar las dinámicas desestabilizadoras de la revolución tecnológica, de la mundialización de la economía y de las comunicaciones, del crecimiento de la población en el seno de la pobreza. La transformación productiva ha generado ya en el Primer Mundo la aparición de “nuevos pobres”, embarazoso descubrimiento para quienes, creyendo haber relegado la indigencia a otros países, se encuentran que en el propio también existe una “sociedad dual”, en cuyos estratos inferiores se dan cita los postergados por la modernización. Si ello sucede en el desarrollo más avanzado, ¿qué puede esperar la periferia?

Si la equidad debe surgir de la transformación productiva, la espera será penosa. Pero el escenario puede ser distinto en las áreas donde puedan encontrarse conexiones profundas y relativamente objetivas entre ambos términos, que hagan de la equidad una herramienta clave para la transformación productiva y abran así caminos pautados por una interacción recíprocamente beneficiosa. ¿Improbable? Por cierto. Pero quizás no imposible. En todo caso, esta cuestión es la que hace decisivo y apasionante, al mismo tiempo, el estudio de la “revolución científico-tecnológica”, o del “nuevo paradigma tecno-productivo”: se trata de calibrar el impacto objetivo que pueden llegar a tener, en términos de la eficiencia productiva, factores como la calificación y la participación, las condiciones “no fordistas” de organización del trabajo, una educación para la innovación, la centralidad del conocimiento ampliamente difundido, la confluencia de actores innovadores a nivel estatal, empresarial, técnico y laboral.

No se trata en rigor de elaborar un “nuevo modelo”, o un “modelo alternativo”, para oponer al neoliberalismo. Este es propiamente un “modelo”, salvo en algunas de sus presentaciones desechables para uso de subdesarrollados, como las recetas del tipo “privatización es solución”. Se trata más bien de una “visión”, con no pocos asideros en la realidad, de la evolución económica y política contemporánea. De ahí su fuerza. En plena era de la incertidumbre, y del pluralismo radical, las opciones no pueden construirse a partir de “modelos”, inevitablemente reduccionistas en exceso y aún economicistas, como lo fueron los de ayer, con su lógico corolario: la primacía de lo que hace el Estado y la apuesta

central a su gestión. Vivimos tiempos de crisis del Estado, y aún de decadencia de la política, en cuya variedad de causas se reconoce también el desborde incontrolable del cambio técnico. Un “modelo” dice “lo que hay que hacer”. No por casualidad tales enfoques se han retirado de la escena. Parecería que conviene buscar más bien por otro lado, intentando construir “visiones” —siempre aproximadas y provisionales— del conjunto de cambios en curso, y de las dinámicas sociales más prometedoras, para alimentar estrategias que promuevan esas dinámicas y las confluencias de sus actores. Más que “recomendar” lo que debe ser hecho, se trata de “descubrir” lo más auspicioso de lo que ya se está haciendo, para apoyarlo, difundirlo y sintetizarlo.

La gran conjetura, esquematizada en términos telegráficos, es que quizás las tendencias profundas en la transformación de las fuerzas productivas hagan posible que la solidaridad, en formas muy variadas, revele ser una eficiente palanca para una modernización viable y deseable: no sólo una modernización compatible con la solidaridad sino formas históricas de la modernización pautadas y hechas posibles por la solidaridad. En todo caso, si no hay espacio para la “modernización solidaria”, difícilmente saldrán de la marginalidad las estrategias para el desarrollo que persigan una “transformación productiva con equidad”.