

3. EL MOLDEO SOCIAL DE LAS REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Si las revoluciones tecnológicas permanecieran como fuerzas de cambio en la esfera económica y la sociedad se adaptara en forma fácil y gradual a los nuevos productos y a los nuevos medios de transporte y comunicaciones, todo ese proceso podría describirse simplemente como la forma que toma el 'progreso', y la tecnología podría ser tratada como una variable exógena. Tales cambios, sin embargo, distan mucho de ocurrir sin tropiezos. Cada revolución tecnológica sacude y moldea profundamente a las sociedades y, a su vez, el potencial tecnológico es moldeado y orientado por efecto de las intensas confrontaciones y compromisos sociales, políticos e ideológicos. Es precisamente este carácter sistémico lo que hace de la complejidad del cambio técnico un tema tan crítico para comprender el desarrollo capitalista.

A. DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS A LAS REVOLUCIONES INSTITUCIONALES

La noción de 'destrucción creadora' muy influida por Nietzsche y concebida como la naturaleza del progreso a través de la innovación, fue un elemento importante en la *Zeitgeist** europea del siglo XX. Siguiendo el espíritu del Renacimiento, se la vio como una noble y placentera obligación, propia de la humanidad, de inventar,¹ de romper la inercia que amenazaba con encadenar y esclavizar a la sociedad en el culto del *statu quo*. Werner Sombart, el economista alemán, fue el primero en expresar la idea del 'espíritu creativo de destrucción' en la economía, en su obra *Krieg und Kapitalismus*.²

Hoy en día se suele acreditar a Schumpeter la noción de 'destrucción creadora' como el modo de describir la naturaleza contradictoria de las revoluciones tecnológicas.³ Más aún, Schumpeter entendió la innovación

* Espíritu de la época.

¹ Para una discusión de esta tradición, véase Reinert y Daastol (1997).

² Sombart (1913) p. 207 [vc 1979].

³ Schumpeter (1942: 1975) cap. VII, p. 83.

en nuevos productos, nuevos procesos o simplemente en nuevas maneras de hacer cosas, como la esencia misma del motor de crecimiento capitalista. Veía el capitalismo como un “proceso de mutación industrial... que revoluciona incesantemente la estructura económica *desde dentro*, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos”.⁴

Debido a la doble naturaleza del proceso de destrucción creadora, Schumpeter consideró la innovación no sólo como la fuerza impulsora del progreso, sino también como la causa de las recesiones recurrentes y, en general, de la conducta cíclica de los índices de crecimiento y de otras magnitudes económicas. A pesar de estar consciente de los factores sociales y económicos, Schumpeter permaneció muy atado al mercado y sus fuerzas de equilibrio como factor determinante, y a la economía como la esfera donde se absorbía la transformación. Tratárase de los ciclos de 3 a 5 años de Kitchin, de los de 7 a 11 años de Juglar, o de las ondas largas de Kondratieff⁵ de 45 a 60 años de duración, todos ellos constituían, según Schumpeter, desviaciones del equilibrio causadas por explosiones innovadoras. Al definir los ciclos más prolongados, los de 45 a 60 años u ondas largas, se refirió a cada uno de ellos como la irrupción de “una ‘revolución industrial’ y la asimilación de sus efectos...”.⁶

Quizás pueda justificarse una explicación, en términos de fuerzas puramente económicas, para los ciclos más cortos de ‘inventario’ e ‘inversión’. Pero, en el caso de los fenómenos de largo plazo, conocidos como ‘ondas largas’, ese tipo de explicación es claramente inaceptable. Ésos son procesos mucho más complejos que abarcan a toda la sociedad.⁷ De hecho en este libro se optó por una denominación diferente a fin de que tanto el concepto como el objeto mismo se distanciasen en forma tajante de cualquier definición restringida a lo económico. El concepto de ‘grandes oleadas de desarrollo’ se introdujo ya en el capítulo anterior para representar el turbulento proceso de difusión de cada revolución tecnológica, de aproximadamente medio siglo de duración. Con ello se trata de quitar el acento de los síntomas para ponerlo en las causas subyacentes e intentar comprenderlas.⁸

⁴ Schumpeter (1942:1975) cap. VII, p. 84 [vc 1961, p. 121], cursivas en el original.

⁵ Kondratieff (1926).

⁶ Schumpeter (1942: 1975), p. 67 [vc 1971, p. 102], cursivas en el original.

⁷ Pérez (1983), p. 359.

⁸ Desde 1983 y hasta ahora, la autora había usado el término ‘ondas largas’, aunque siempre intentando marcar la distancia. El actual cambio de denominación resalta la diferencia en

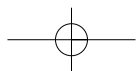


Estos dificultosos procesos de transformación de largo plazo forman parte de la naturaleza del sistema capitalista e involucran interacciones intensas entre la economía y las instituciones sociales, así como cambios profundos en ambas. Cada revolución tecnológica es percibida como una conmoción, y su difusión encuentra poderosa resistencia tanto en las instituciones establecidas como en la gente misma. En consecuencia, al comienzo la manifestación de su enorme potencial de generación de riqueza tiene efectos sociales más bien caóticos y contradictorios y termina exigiendo una significativa recomposición institucional. Ésta pasará por cambios en el marco regulatorio capaces de afectar a todos los mercados y actividades económicas, por el rediseño de una importante variedad de instituciones, empezando por el gobierno, incluyendo la regulación financiera, y llegando hasta la educación y a modificaciones en los comportamientos sociales y en las ideas. Es gracias a esa reestructuración del contexto para adecuarse al potencial de la revolución como es posible alcanzar la ‘época de bonanza’ en cada ocasión.

El auge victoriano a mediados del siglo XIX se materializó dos décadas después que la máquina de vapor *Rocket* mostrara su poder para mover la locomotora del ferrocarril de Liverpool a Manchester, y luego de que la “manía ferrocarrilera”, culminada en un pánico financiero, hubiese propiciado la instalación de una red básica de vías férreas. Esa prosperidad se basó en una serie de instituciones que ordenaron los mercados nacionales y regularon la banca y las finanzas a escala del país. Todo esto facilitó la expansión continua del sistema ferroviario y la red de fábricas movidas por máquinas de vapor en las crecientes ciudades industriales.

Dos décadas después del *big-bang* de la era del acero, de nuevo fue necesario introducir cambios profundos. La *belle époque* basada en el despliegue del pleno potencial del tercer paradigma, con mercados verdaderamente internacionales, requirió regulaciones de carácter mundial (desde la aceptación general del patrón oro con base en Inglaterra, hasta acuerdos mundiales sobre medidas, patentes, seguros, transporte, comunicaciones, y prác-

el concepto. Kondratieff, Schumpeter y la mayoría de sus seguidores midieron cada ola entre punto mínimo y punto mínimo de crecimiento, lo cual en la práctica significa encerrar juntas la segunda mitad de una revolución y la primera mitad de la siguiente. Aquí se identifican las oleadas —aunque no se miden— de la cresta de la una a la cresta —o punto máximo— de la siguiente, cubriendo el ciclo de vida completo de cada revolución. Ésta es la razón por la cual el presente modelo sigue el despliegue de cada oleada y las transformaciones estructurales que éstas inducen en toda la economía y la sociedad, en lugar de examinar las estadísticas de crecimiento.





ticas navieras), mientras que los cambios estructurales en la producción, incluyendo el crecimiento de importantes industrias de base científica, tuvieron que ser facilitados por reformas educativas profundas y legislación social.

El desencadenamiento de la 'época de bonanza' asentada en las tecnologías de producción en masa, propias del cuarto paradigma y difundidas desde las dos primeras décadas del siglo XX, requería de instituciones que facilitaran el consumo masivo de la gente o de los gobiernos. Sólo en un contexto semejante podía alcanzarse el verdadero florecimiento. En esa época fueron establecidos el fascismo, el socialismo y las democracias keynesianas como modelos sociopolíticos distintos, todos impulsando procesos de crecimiento organizados con base en la producción y consumo masivos.⁹ La tendencia de todos ellos fue comenzar por la homogeneización de los patrones de consumo dentro de los mercados nacionales y luego utilizarlos como plataforma para la expansión internacional.

La creación del contexto apropiado para el desarrollo armónico asentado en el potencial de la revolución informática, podría requerir de una red global de instituciones, involucrando niveles regulatorios supranacionales, nacionales, y locales.

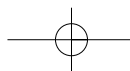
Por lo tanto, cada revolución tecnológica trae consigo, no sólo la reorganización de la estructura productiva sino, eventualmente, también una transformación tan profunda de las instituciones gubernamentales, de la sociedad, e incluso de la ideología y la cultura que se puede hablar de la construcción de *modos de crecimiento* sucesivos y distintos en la historia del capitalismo.¹⁰ El proceso de destrucción creadora ocurre, entonces, cada 50 o 60 años tanto en la economía como en el ámbito sociopolítico.¹¹

Estos cambios suelen ser forzados por una combinación de presiones provenientes primero de los requerimientos de una economía en rápida

⁹ Estos ejemplos resaltan la variedad de posibilidades en cada paradigma y la importancia de los procesos sociopolíticos para definir el modo específico de crecimiento.

¹⁰ Este concepto se asemeja al de *modo de producción* propuesto por Marx (Marx y Engels, 1847) para referirse a los grandes cambios históricos de largo plazo. El *modo de crecimiento* tiene un sentido mucho más restringido y se refiere a los cambios institucionales de carácter sistémico dentro del capitalismo.

¹¹ Empezando por Daniel Bell (1973), pasando por Toffler (1980) y llegando a Castells (1996, 1997 y 1998) muchas voces han sostenido que los cambios actuales llevan a una sociedad distinta de carácter 'post-industrial'. Esto parece ocurrir con cada revolución tecnológica (¡por algo se les llama 'revoluciones'!). Para quienes la experimentan, cada conmoción transformadora parece una discontinuidad fundamental. En esta ocasión se les podría reconocer la razón a quienes sostienen la tesis de la ruptura profunda, dada la creciente proporción de intangibles en la producción y el comercio



transformación y, más tarde, de las consecuencias del modo turbulento como se difunde la tecnología, llevando a tensiones sociales intensas y a veces violentas. Al final, las presiones más efectivas para el cambio institucional y especialmente para la intervención del Estado en la economía vienen de la recesión que acompaña al colapso de la economía financiera, el cual tiende a ocurrir un par de décadas después del *big-bang* inicial.

Fue para un periodo como éste que Keynes presentó su caso a favor de la implementación de políticas anticíclicas por parte del Estado.¹² Hasta Schumpeter estuvo dispuesto a desconfiar de los poderes curativos del mercado y a reconocer que, cuando se trataba de sacar a la economía de una depresión, “la razón para la acción gubernamental era incomparablemente más fuerte”.¹³

De hecho, aunque las revoluciones tecnológicas sean transformaciones profundas de la economía, el solo funcionamiento de los mercados no puede explicar la recurrencia de los grandes colapsos bursátiles y las depresiones, o la aparición de tendencias centrífugas duraderas, la turbulencia y el caos, y mucho menos rendir cuenta del retorno a la prosperidad. Para explicar la emergencia de estos fenómenos más vastos, que afectan el tejido mismo de la sociedad, el análisis debe introducir en el cuadro las tensiones, la resistencia, los obstáculos y las discordancias que surgen del seno del terreno más amplio de lo social e institucional.

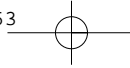
B. LA ABSORCIÓN DE LAS REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS COMO DESACOPLAMIENTO Y REACOPLAMIENTO DEL SISTEMA

Es precisamente la necesidad de reformas y la inevitable resistencia social a ellas lo que subyace a las profundas crisis y al comportamiento cíclico del sistema en el largo plazo. Cada revolución tecnológica, originalmente recibida como un conjunto de oportunidades auspiciosas, pronto es vista como una amenaza a la forma establecida de hacer las cosas en las empresas, en las instituciones y en toda la sociedad.

El nuevo paradigma tecnoeconómico asume gradualmente la forma de un nuevo ‘sentido común’ para la acción efectiva en cualquier área de acti-

¹² Keynes (1936).

¹³ Schumpeter (1939) vol. I, p. 155 [vc 2001, p. 141].

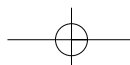
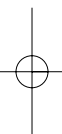


vidad. Pero mientras las fuerzas competitivas, la búsqueda de ganancias y las presiones de supervivencia ayudan a difundir los cambios en la economía, las vastas esferas social e institucional, donde también se necesita el cambio, permanecen rezagadas por la fuerte inercia derivada de la rutina, la ideología y los intereses creados. Es esta diferencia entre el ritmo de cambio de las esferas tecnoeconómica y socioinstitucional lo que explicaría el turbulento periodo que sigue a cada *big-bang* y por lo tanto, el retraso en el pleno aprovechamiento social del nuevo potencial.

Es así como los primeros 20 a 30 años de difusión de cada revolución tecnológica conducen a un desajuste creciente entre la economía y el sistema social y regulatorio. Estos últimos fueron desarrollados para adecuarse a los requerimientos del paradigma anterior y no pueden hacer frente a las nuevas condiciones. Además los cambios que ocurren en la esfera tecnoeconómica suponen un inmenso costo social en términos de pérdida de empleos y habilidades así como en el desplazamiento geográfico de las actividades. El marco previo difícilmente podría estar preparado para absorber o compensar estos costos. Por lo tanto, a medida que el desajuste crece, las tensiones centrífugas y los procesos de desacoplamiento socavan las bases de la economía, acarreando problemas de gobernabilidad y de cuestionamiento a la legitimidad del marco institucional establecido. Puede haber demandas sociales persistentes o brotes de violencia bajo distintas formas, como pudo verse en las revoluciones de 1848 en Europa o mucho después en las distintas revueltas, golpes de Estado y agudas tensiones sociales de las décadas de 1920 y 1930. Las manifestaciones contra la Organización Mundial de Comercio (OMC) y contra la liberalización de los mercados globales durante el encuentro de Seattle, en noviembre de 1999, pueden haber marcado el comienzo de una ola de presión internacional creciente para cambiar el llamado 'Consenso de Washington'.

Cualquiera sea su forma de expresarse, las presiones políticas exigiendo acción terminan por impulsar los cambios requeridos. El colapso financiero que suele señalar el final de este periodo es el último instrumento de persuasión y con frecuencia el más fuerte de todos ellos para propiciar los cambios necesarios. Una vez alcanzado el nuevo 'ajuste' mediante la articulación de un modo de crecimiento apropiado, viene un proceso de reacomplamiento y convergencia. Durante los siguientes 20 a 30 años se observará el total despliegue del nuevo paradigma, tanto en intensidad como en extensión, de sector a sector y en todas las regiones y países.

Según las mediciones estadísticas, estas 'épocas de bonanza' no son necesariamente los tiempos de máximo ritmo de crecimiento; sin embargo, es la fase percibida y aceptada como 'la edad de oro' porque representa un



proceso armonioso de crecimiento que incorpora a la mayor parte de los sectores de la economía. Éste puede ser también un tiempo de elevación del nivel de vida de grupos de la población cada vez amplios, especialmente en los países más centralmente involucrados en la difusión del paradigma y donde se han establecido los marcos institucionales más adecuados.¹⁴

La secuencia de ‘tiempos buenos y tiempos malos’ tendría entonces su origen en la interacción entre la dinámica de la economía como tal y la de la sociedad en su conjunto. Más aún, este fenómeno es uno de los principales factores explicativos de por qué lo que parece una evolución técnica continua tiene lugar dentro de los “envoltorios” sucesivos de diferentes revoluciones tecnológicas.

C. ¿POR QUÉ OCURRE EL CAMBIO TÉCNICO EN FORMA DE REVOLUCIONES?

Kuznets arroja dudas acerca del nexo causal establecido por Schumpeter entre la aparición de la constelación de innovaciones que forma la revolución tecnológica y la aglomeración (*cluster*) de las habilidades empresariales.¹⁵ Ésta es ciertamente una cuestión clave para quienes propongan explicaciones de las fluctuaciones económicas con base en la innovación. Lo sugerido aquí es que los estallidos de actividad emprendedora sí ocurren en la realidad, pero como respuesta a una explosión de oportunidades. Las habilidades innovadoras se manifiestan cuando aparece un nuevo paradigma tecnoeconómico definiendo un espacio amplio y nuevo para el diseño, para nuevos productos y grandes ganancias, capaz de inflamar la imaginación de los nuevos emprendedores potenciales. En otras palabras, las grandes constelaciones de talento hacen su aparición *después* que la revolución se ha hecho visible y *a causa* de su visibilidad.

Esto asoma dos preguntas cruciales. Una es, si el talento está siempre a disposición, entonces ¿por qué no es continuo el cambio?, ¿por qué ocurre mediante revoluciones? La otra, derivada de aquélla, es la cuestión de la causa inicial o ¿por qué llega simultáneamente el pequeño conjunto de saldos tecnológicos desencadenantes de la revolución?

Las condiciones favorables para el estallido de la siguiente revolución

¹⁴ Estos aspectos cualitativos del crecimiento rara vez se incluyen en las interpretaciones usuales de las ‘ondas largas’.

¹⁵ Kuznets (1940), pp. 261-262.



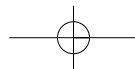
aparecen cuando el potencial de la revolución anterior está cercano al agotamiento. El proceso involucra un complejo conjunto de mecanismos de inclusión-exclusión propios del modo como la sociedad se adapta a cada paradigma. La asimilación completa de una revolución tecnológica y su paradigma tecnoeconómico tiene lugar cuando la sociedad ha aceptado su sentido común, ha establecido el marco regulatorio apropiado así como otras instituciones, y ha aprendido a dirigir el nuevo potencial hacia sus propios fines. Esto lleva a dos condiciones que favorecen las innovaciones compatibles y filtran las incompatibles.

Por una parte, el ambiente social e institucional está altamente dispuesto a facilitar el despliegue de cualquier oportunidad y posibilidad compatible con el paradigma. Las externalidades de todo tipo le son tan abrumadoramente favorables que ingenieros, diseñadores, gerentes, empresarios e inversionistas siguen 'naturalmente' ciertos principios comunes porque anticipan buenos negocios obvios. Miles de plásticos siguieron al primer salto tecnológico en materiales sintéticos; el cableado eléctrico de las casas podía incorporar docenas de electrodomésticos sucesivos nuevos; la revolución agrícola pudo combinar el uso de maquinaria variada y cada vez más especializada movida por petróleo con numerosos pesticidas y fertilizantes de origen petroquímico. Lo mismo ocurrió esta vez con los juegos de computadora, los paquetes de software, las sucesivas generaciones de computadoras personales y posteriormente con los servicios 'punto com' en internet. Una vez que el camino ha sido transitado con éxito, nuevos grupos pueden sumarse a la caravana. Lo mismo ocurre con cada uno de los sistemas interconectados que conforman una revolución tecnológica particular y el paradigma de 'sentido común' asociado con ella.

Esto es, en realidad, el equivalente para el ámbito de la tecnología y los negocios, de lo que Kuhn definió como 'ciencia normal'.¹⁶ Una vez que se conocen las trayectorias válidas para los nuevos productos y procesos, así como para sus mejoras, pueden generarse muchas innovaciones sucesivas y exitosas en serie. Éstas serán compatibles entre sí, interactuarán sin dificultad, conseguirán los insumos que requieran, el personal calificado y los canales de mercado, mientras se benefician de una creciente aceptación social basada en el aprendizaje con los productos previos.

Por otro lado, estas condiciones favorables se convierten en un poderoso mecanismo de *exclusión* para todas las posibles innovaciones *incompatibles* o que no engranan adecuadamente en el marco existente. Los intentos de

¹⁶ Kuhn (1962:1970) pp. 10 y 24 [vc 1992].

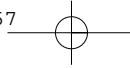


introducir ese tipo de innovaciones pueden ser rechazados por los inversionistas o por los clientes o, como ocurre con frecuencia, pueden adaptarse exitosamente a una aplicación menor dentro del paradigma predominante. No obstante, tales adaptaciones menores pueden conducir al crecimiento de industrias importantes, llamadas a jugar un papel central en un paradigma futuro. Por el momento, crecen restringidas a los usos adecuados al tejido económico, mucho antes de que pueda imaginarse siquiera lo que serán sus aplicaciones más significativas. Los ferrocarriles se desarrollaron primero para ayudar a sacar el carbón de las minas; su importancia real como medio de transporte de personas y bienes era difícil de concebir en un mundo de canales, carreteras y caballos. La refinación del petróleo y el motor de combustión interna se desarrollaron dentro del mundo de la máquina de vapor de la tercera revolución y se usaron principalmente para los automóviles de lujo. Los semiconductores, en forma de transistores, sirvieron para hacer portátiles los radios y otros equipos domésticos típicos del paradigma de la producción en masa, extendiendo sus mercados, antes de que nadie pudiera imaginar una microcomputadora.

La excepción más conspicua al mecanismo de exclusión son los gastos de guerra. La aplicación de criterios políticos y militares, más que de lógica económica, abre vías de investigación, tecnología y producción capaces de alejarse del paradigma tecnoeconómico imperante, lo cual implica incurrir en costos extravagantes, normalmente irrecuperables en el mercado. Cuando estalla una guerra en la fase de madurez de un paradigma, esas excursiones voluntaristas hacia nuevos territorios tecnológicos pueden convertirse en un semillero para la siguiente revolución tecnológica. La carrera armamentista y del espacio durante la década de 1960 es, por supuesto, el ejemplo más notorio de esos gastos.

Cualquiera sea su origen, las posibilidades reales de una innovación radical pueden ser tan difíciles de prever antes de la instalación del paradigma, que hasta quienes las llevan a cabo suelen subestimar su potencial. Edison pensó que el fonógrafo, inventado por él en los años setenta del siglo XIX, sería útil para grabar los testamentos de los moribundos; en los años cincuenta del siglo XX el presidente de la IBM aún pensaba que unas pocas computadoras podrían cubrir la demanda mundial total, y así sucesivamente.¹⁷ Aquellos innovadores que sí logran anticipar el futuro encuentran grandes dificultades en hacerse entender, tal como le ocurrió a Alexander

¹⁷ Por supuesto que hay casos de pronosticadores como Diebold (1952), quien desde muy temprano escribió acerca del potencial futuro de las computadoras.



Graham Bell con su teléfono todavía primitivo en un mundo de telégrafos eficientes.¹⁸

Por contraste, cuando una innovación está dentro de la trayectoria natural¹⁹ del paradigma prevaleciente, entonces todos —ingenieros, inversionistas y consumidores— entienden para qué sirve el producto y quizás hasta pueden sugerir mejoras. Un mundo ya acostumbrado a ver decenas de electrodomésticos en la cocina considera que vale la pena diseñar, producir, comprar y usar productos menores y de dudosa utilidad, como el abre-latas eléctrico o el cuchillo eléctrico. Lo mismo ocurre con las sucesivas aplicaciones de los principios generales del paradigma prevaleciente. En el caso de la producción en masa continua, por ejemplo, después del completo desarrollo de todos los principios de la manufactura y del refinamiento de sus prácticas organizacionales, la tarea de aplicar el modelo a cualquier otra actividad era sumamente sencilla. El turismo de masas, análogo a la ‘línea de ensamblaje’ con la movilización de gente del avión al autobús, del autobús al hotel, y del hotel al autobús, era fácil de concebir y de poner en práctica, y su aceptación por los consumidores, en su momento, no presentaba obstáculos.

Sin embargo, las trayectorias no son eternas. El potencial de un paradigma, independientemente de su poder, terminará agotándose. Las revoluciones tecnológicas y los paradigmas tienen un ciclo de vida de cincuenta años aproximadamente y siguen más o menos el tipo de curva epidémica característica de cualquier innovación.

Como se muestra en la figura 3.1, en la fase uno, después del *big-bang*, comienza un periodo de crecimiento explosivo y rápida innovación en las industrias recién creadas. Los nuevos productos se suceden, revelando los principios que definen su trayectoria ulterior. Así se va configurando el paradigma y su ‘sentido común’ se hace capaz de guiar la propagación de la revolución.

La fase dos corresponde a la rápida difusión del paradigma, con el florecimiento de nuevas industrias, sistemas tecnológicos e infraestructuras con enormes inversiones y agrandamiento de los mercados. El rápido crecimiento continúa en la fase tres con el despliegue total del paradigma a lo largo y ancho de toda la estructura productiva.

La fase cuatro corresponde a la llegada de la madurez. En un cierto punto, el potencial de la revolución comienza a encontrar límites. Se siguen

¹⁸ Mackay (1997).

¹⁹ Nelson y Winter (1977), pp. 36-76, usaron la expresión ‘trayectoria natural’ para referirse al camino que parecen seguir naturalmente las sucesivas innovaciones a una tecnología.

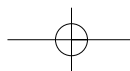
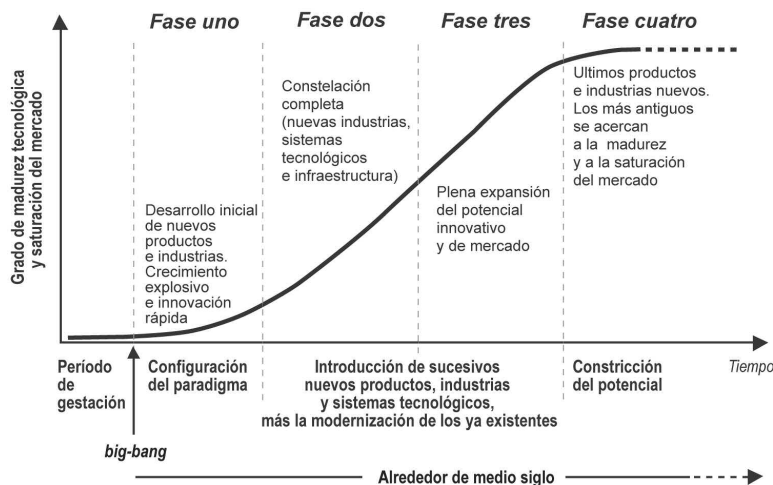


FIGURA 3.1

EL CICLO DE VIDA DE UNA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA



introduciendo nuevos productos, nacen industrias nuevas y hasta sistemas tecnológicos completos, aunque cada vez son menos numerosos y de menor importancia. Pero las industrias-núcleo, motores del crecimiento, comienzan a enfrentar la saturación del mercado y retornos decrecientes a la inversión en innovación tecnológica. Esto anuncia la proximidad de la madurez de esas industrias y el agotamiento gradual del dinamismo de toda esa revolución.²⁰

Cuando el potencial de un paradigma comienza a tocar fondo, cuando el espacio abierto por un paradigma se restringe, la productividad, el crecimiento y los beneficios se ven seriamente amenazados. Es ahí cuando surge la necesidad convertida en demanda efectiva por nuevas soluciones, por innovaciones radicales, por apartarse de los caminos trillados.²¹ Sin embar-

²⁰ El fenómeno es similar a la ley de Wolf (1912) de los retornos decrecientes a la inversión en las innovaciones incrementales en productos y procesos particulares. Es también afín a la teoría del ciclo de vida de los productos desarrollada por Hirsch (1965 y 1967), Vernon (1966) y otros.

²¹ Kuznets (1953, p. 113) ya había sugerido algo similar, cuando intentó entender la idea de Schumpeter sobre la tendencia de las innovaciones a aglutinarse en *clusters*: “podríamos decir que la electricidad no estuvo disponible antes porque tenía que esperar hasta que las potencialidades de la máquina de vapor fueran agotadas por el sistema económico”.



go, para entonces, después de décadas de exitoso desarrollo bajo el paradigma prevaleciente, el ambiente se encuentra sobreadaptado. No sólo las empresas sino también la gente y la sociedad como un todo aceptaron y adoptaron la lógica del paradigma establecido como *el* criterio de 'sentido común'. Sin embargo, el camino hacia adelante se encuentra obstaculizado por el inminente agotamiento.

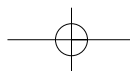
Las industrias-núcleo de la revolución tecnológica, ahora maduras, cosechan los últimos beneficios de las economías de escala y están probablemente atadas a sus inmensas inversiones de capital fijo.²² Pueden también estar en una posición fuerte (oligopolio o cuasimonopolio), lo cual les da los medios para buscar salidas efectivas del atolladero. Estas salidas pueden ser las fusiones, la migración y algunas prácticas poco ortodoxas que serán discutidas en el capítulo 8 en relación con el capital financiero. Para el propósito presente, sin embargo, los procesos de interés son los conducentes a la revolución tecnológica siguiente. De éstos, uno de los más importantes es la disposición a experimentar con innovaciones radicales, a manera de mejoras, para estirar el ciclo de vida de las tecnologías establecidas o reducir el costo de las actividades periféricas.

A principios del siglo XIX ya se estaba ensayando con versiones primitivas de la máquina de vapor a alta presión para aumentar la productividad de la maquinaria textil; la 'gerencia científica' de la organización del trabajo, elemento crucial de la producción en masa, fue desarrollada primero por Taylor a fines del siglo XIX para aumentar la productividad de la movilización de productos en los patios de las acerías; los primeros ensayos de automatización tuvieron lugar alrededor de 1960 en la industria automovilística; el desarrollo de instrumentos de control predigitales avanzó desde temprano en las industrias de procesos; las máquinas de control numérico computarizado fueron introducidas en la manufactura de calzado y la industria aeroespacial entre 1960 y 1970. Es así como la introducción de algunas tecnologías nuevas puede estar atada a la revitalización de industrias maduras en problemas.

Puede haber también disposición para introducir innovaciones radicales que amplíen la variedad de tecnologías existentes en el mercado, como fue el caso de los transistores en productos de audio, los cuales, al ser portátiles, abrieron nuevos mercados inmensos desde finales de la década de 1950.

Mientras más sectores y empresas confrontan la madurez y la satura-

²² Soete (1985) argumentaba esto en apoyo de la posibilidad de que recién llegados no atados por fuertes inversiones en las viejas tecnologías pudieran ser capaces de dar un salto tecnológico para alcanzar el desarrollo (*catching up*). Esa idea se retoma en Pérez y Soete (1988).





ción, más se intensifican las actividades de ensayo y error. Al igual que en el modelo de la 'ciencia revolucionaria' de Kuhn, la ruptura con las tendencias tradicionales y la búsqueda de nuevas direcciones es amparada y facilitada por el choque con los límites y las crisis en el paradigma establecido.²³ Los obstáculos específicos encontrados por cada paradigma tecnoeconómico a medida que se desarrolla hasta sus últimas consecuencias, servirán como lineamientos poderosos en la búsqueda del nuevo conjunto de tecnologías.²⁴ Sin embargo, para lograr el surgimiento de una revolución tecnológica, tienen que abrirse nuevos caminos radicales y tienen que darse rupturas tecnológicas decisivas.

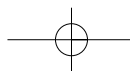
Las innovaciones radicales pueden tener lugar en cualquier momento, aunque su periodo de gestación puede ser muy largo. Dada la autonomía relativa de la producción científica y tecnológica, siempre habrá innovaciones potenciales en diversos campos esperando tras bastidores. En cualquier punto del tiempo los espacios de lo científicamente concebible y lo tecnológicamente posible son mucho más amplios que los espacios de lo económicamente viable o lo socialmente aceptable. Por lo tanto, muchas tecnologías importantes pueden estar ya incorporadas a la economía, en diversas etapas de su desarrollo y en usos menores o limitados. El verdadero potencial de algunas de ellas sólo se hará completamente visible una vez que converjan para formar una revolución (otras deberán esperar muchas más décadas o podrían no explotarse nunca). Así, dadas las condiciones apropiadas de presión y demanda, una nueva constelación de innovaciones radicales puede configurarse gradualmente a partir de los desarrollos disponibles.²⁵

En consecuencia, la tecnología evoluciona por revoluciones porque la prevalencia de un paradigma específico, con sus amplias oportunidades interrelacionadas, induce una profunda adaptación social a sus características. Esto crea un poderoso mecanismo de inclusión-exclusión, el cual evita

²³ Kuhn (1962) caps. VII-VIII [vc 1992].

²⁴ Freeman y Pérez (1988), tabla 3.1, columna 7, pp. 50-53.

²⁵ Gerhard Mensch (1979) adelantó una hipótesis muy similar, donde se sugería que en el origen de las recesiones (tales como la estancación que comenzó a mediados de la década de 1970) estaba una 'tranca [*stalemate*] tecnológica'. Desafortunadamente, su método para demostrarlo consistió en contar y comparar las innovaciones radicales en varios periodos a fin de identificar las constelaciones que coincidían con recesiones. De esta manera, tomó la fecha de la primera introducción como la del nacimiento de una innovación. Esto fue objeto de la crítica de Freeman *et al.* (1982) quienes mostraron que las innovaciones radicales pueden estar dispersas en el tiempo y lo que realmente importa en términos del impacto significativo en el crecimiento es la difusión de la combinación de innovaciones.





las divergencias radicales del paradigma prevaleciente hasta que el inmenso potencial de esa revolución se haya consumido y se aproxime al agotamiento.²⁶ Es entonces cuando se hace más probable que haya demanda para el talento emprendedor del tipo tendente a realizar innovaciones radicales. Sin embargo, así como en el seno de una ciencia dada es altamente probable que los candidatos exitosos para convertirse en nuevo paradigma provengan de practicantes de otras ciencias, asimismo es probable que los caminos radicalmente nuevos en tecnología se deban a 'gente de fuera', a tecnólogos o empresarios no imbuidos del paradigma anterior, pudiendo perfectamente ser jóvenes y no formar parte de las firmas poderosas establecidas, como fueron los casos de Andrew Carnegie o Alexander Graham Bell, Edison o Ford, Noyce, Steve Jobs o Bill Gates.

Para entender cómo se abren las puertas para que entren masivamente 'los de afuera', hay que examinar el papel jugado por el capital financiero.

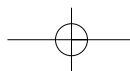
D. EL PAPEL DEL CAPITAL FINANCIERO EN EL SURGIMIENTO DE UN NUEVO PARADIGMA

En contraste con el mundo científico, la innovación comercial se hace con el beneficio en mente. Si el innovador trabaja en su propio garaje o en el laboratorio de una gran empresa, siempre tendrá que haber alguien que considere lo que él o ella hace como una enorme fuente de ganancias y disponga del dinero requerido para poner a prueba el proceso, lanzar el producto o expandir la producción. Es aquí donde, como decía Schumpeter, la institución del crédito, en una u otra forma, juega un papel decisivo.²⁷

Alguien tiene que poner el dinero para romper las trayectorias rutinarias y facilitar los cambios radicales. Es probable que las grandes firmas establecidas, puesto que enfrentan las restricciones del paradigma, ofrezcan dinero para financiar soluciones que prolonguen la vida de sus propios productos y procesos. Éstos con frecuencia suponen usos menores de las nuevas tecnologías radicales. Pueden intentar también la ampliación del espectro de las tecnologías conocidas y la investigación en nuevas direcciones. Todas estas actividades pueden desembocar en productos y tecnologías completamente nuevos (como fue el caso de los laboratorios Bell con el

²⁶ La identificación de este mecanismo de exclusión fue una de las condiciones exigidas a los proponentes de las ondas largas por Rosenberg y Frischak (1984).

²⁷ Schumpeter (1939: 1982) vol. 2, cap. III, pp. 109-118.



transistor, por ejemplo). Sin embargo, no es probable que subsidien a gente verdaderamente extraña a su mundo.

Es aquí donde la separación entre el capital financiero y el capital productivo rinde sus mayores frutos. Los nuevos emprendedores pueden convertir sus ideas en realidades comerciales porque en manos de los no-productores hay dinero disponible buscando beneficio. Es así como la posibilidad de operar con dinero prestado se convierte en una fuerza verdaderamente dinamizadora. El capital financiero va a apoyar a los nuevos emprendedores a pesar del alto riesgo y ello será tanto más probable cuanto más agotadas estén las posibilidades de inversión en las direcciones acotadas.²⁸

A medida que comienzan a disminuir las oportunidades de inversión de bajo riesgo en el paradigma establecido, una masa creciente de capital ocioso busca usos capaces de proporcionarle ganancias y se dispone a aventurarse en direcciones nuevas. Por lo tanto, el agotamiento de un paradigma trae consigo *tanto* la necesidad de emprendedores en innovaciones radicales *como* el capital ocioso capaz de asumir grandes riesgos por ensayo y error.

Bajo estas condiciones confluyen diversas líneas de innovación; algunas provienen de las grandes empresas que intentan superar los obstáculos, otras de los emprendedores noveles con ideas inéditas y otras asociadas con las múltiples innovaciones subutilizadas o marginales, introducidas previamente. Éstas podrían incorporar parte del gran caudal de conocimientos aplicables disponible tras bastidores o producir conocimiento nuevo. Eventualmente, los saltos tecnológicos necesarios se realizan —o se reconocen como tales— y se reúnen con otras tecnologías nuevas o redefinidas para conformar la nueva revolución tecnológica. A partir de entonces, el capital financiero está disponible aun más ampliamente para los emprendedores, a fin de permitirles innovar explotando las trayectorias definidas por el nuevo paradigma. Como se discutirá después (capítulos 9 y 13), en ese momento se desarrollan nuevos instrumentos financieros a fin de adecuarse a las peculiaridades de los nuevos productos y de su difusión.

Quizás no sea posible comprobar de manera sencilla si en otros momentos hay tantos emprendedores buscando financiamiento para sus innovaciones como al final del ciclo de vida de un paradigma. Lo que se puede decir con escaso margen de error es que, cuando se ha hecho visible el espa-

²⁸ Ésta fue una de las principales afirmaciones de Mensch (1979). Su formulación apareció muy temprano en el debate, justo cuando los capitales de riesgo empezaban a ponerse a disposición de Silicon Valley y de otros innovadores.



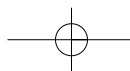
cio de diseño, productos y beneficios de un nuevo paradigma, se enciende la imaginación de un vasto número de ingenieros potenciales, diseñadores y emprendedores para innovar dentro de la nueva trayectoria general. En la medida en que el financiamiento hace posibles sus proyectos y en la medida en que sus éxitos llamativos hacen el paradigma cada vez más visible y atractivo para un mayor número de personas, crecerán sin duda las filas de quienes sienten el llamado.²⁹

Así, los síntomas de agotamiento del paradigma prevaleciente crean la demanda de nuevas trayectorias innovadoras y lucrativas; las reservas de opciones tecnológicas represadas comienzan a fluir, el capital financiero ocioso proporciona el fertilizante, la sucesión de nuevas tecnologías eventualmente conduce a saltos radicales, el nuevo paradigma multiplica el número de empresarios innovadores, sus éxitos atraen nuevo capital financiero y más empresarios, y así sucesivamente.

Por lo tanto, ciertamente hay alta variabilidad en la manifestación del espíritu emprendedor como lo sostuvo Schumpeter, pero el origen de esta variabilidad reside en las condiciones y oportunidades cambiantes del contexto. Esto no debe entenderse como la afirmación de que sólo 'los de afuera' son verdaderos innovadores. Por el contrario, si sólo se tratara de números probablemente se encontraría que, vistas a lo largo del tiempo, la gran mayoría de las innovaciones se ha realizado dentro de firmas existentes; y no sólo las modificaciones más o menos importantes de la tecnología utilizada, sino también la introducción de muchos nuevos productos y procesos. Incluso algunas de las rupturas tecnológicas determinantes (tales como el precursor del circuito integrado en los Laboratorios Bell, ya mencionado) pueden ocurrir dentro de firmas establecidas o ser adquiridas e introducidas por ellas.

No obstante, las firmas establecidas son las principales portadoras del paradigma imperante. Como se discutió antes, el paradigma es un modelo guía tan poderoso que se convierte en un mecanismo de inclusión-exclusión fuertemente reforzado por la adaptación social y la sobreadaptación gradual. Por lo tanto, en términos tecnológicos, se podría decir que en los tiempos de agotamiento de un paradigma las firmas más poderosas suelen convertirse en las fuerzas más conservadoras. Aunque algunas firmas inteligentes pueden hacer grandes innovaciones, su enorme inversión atada a algunas de las tecnologías ahora maduras las hace preferir evitar cambios verdaderamente revolucionarios, los cuales podrían traer la obsolescencia

²⁹ El efecto de caravana (*bandwagon*) de Schumpeter (1942).





de su equipamiento y de sus prácticas. Sin embargo, e irónicamente, como su productividad, mercado e índices de crecimiento de las ganancias probablemente se estén estancando, su única esperanza de revitalización reside en la realización de cambios radicales.

Por lo tanto, las grandes firmas existentes tienden a ser al mismo tiempo agentes y víctimas de la cerrazón paradigmática. La salida a esta situación exigirá inevitablemente la participación de 'gente de fuera'. Cuando éstos aparecen, el capital financiero ocioso les permite manifestarse completamente y fructificar.³⁰

³⁰ Cabe preguntarse si la razón por la cual el socialismo soviético fue incapaz de realizar las innovaciones que lo hubieran ayudado a superar las restricciones del paradigma desde la década de 1970 no fue, al menos en parte, la falta de una institución capaz de proporcionar una flexibilidad equivalente para facilitar el cambio. Véase Gomulka (1990).

