

Cambio histórico mundial y economía del conocimiento

Miguel A. Rivera Ríos*

Ubicación

El curso histórico del capitalismo tal como quedó determinado a mediados del siglo XX, con la conjunción entre fordismo y keynesianismo comenzó a alterarse hacia los años setenta. En ese cambio de curso ha sido determinante la aparición de una tecnología revolucionaria y su constitución posterior como sistema genérico. La aplicación productiva de la nueva tecnología electrónico-informática ha configurado un nuevo patrón industrial en el sentido de integración de nuevas industrias, familias de productos y estructuras de mercado y consumo, en tanto que, en correspondencia con lo anterior, las viejas industrias han comenzado a rejuvenecerse gracias a la aplicación de la tecnología digital y pasado a integrarse al nuevo patrón industrial. Paralelamente se ha difundido mundialmente un tipo de organización productiva que ha convertido en obsoletos los principios y métodos fordistas.

En otros campos de la actividad mundial la transformación ha sido menos concluyente y es incluso disruptiva y socialmente muy onerosa. Lo anterior sugiere que la revolución tecnológica impone a las restantes estructuras de la reproducción social una secuencia de cambio desigual, bajo patrones de fuerte polarización y dentro de un marco de coexistencia de elementos en gestación con viejas estructuras semi-renovadas. La confrontación entre lo nuevo y lo viejo llega a ser tan intensa que se verifican procesos de *destrucción creativa*, pero también los *desacoples* tienden a subsistir y el ritmo de cambio volverse más lento o ser susceptible de brotes violentos o discontinuos. Cualquiera que sea el ritmo, el proceso innovador provoca incompatibilidades, degrada conocimientos y habilidades, desestabiliza la organización de la producción y crea nuevos problemas de coordinación.

Existen innumerables temas a investigar y discutir dentro de este proceso de cambio histórico. Dentro de ellos nos concentraremos exclusivamente en tres: *a)* la especificidad de la tecnología electrónico digital en comparación con la producción de masas del fordismo; *b)* la significación de la llamada *economía del conocimiento* y *c)* el papel del *informacionalismo* en el actual cambio histórico.

Sucesión y especificidad de las eras o revoluciones tecnológicas

Asumimos la teoría de Freeman y Louca (2001) y Pérez (2002) de que ha habido cinco revoluciones o eras tecnológicas que son el fundamento material de los cambios históricos del capitalismo, así como de sucesivas ondas de crecimiento a largo plazo. Cada era tecnológica tiene su especificidad, pero también existe una relación de continuidad/discontinuidad entre ellas. A partir de la revolución industrial se aceleró el desarrollo de las fuerzas productivas del capitalismo, en la cual un avance tecnológico u organizativo central plantea nuevos requerimientos que se arrastran

* Facultad de Economía, UNAM.

por un tiempo para dar lugar a un nuevo brote brusco que hemos definido como revolución tecnológica. La continuidad está determinada, por un lado por el creciente papel del conocimiento a través de la ampliación de la base epistemológica de la tecnología y por otro lado, cambios inducidos en la organización social planteados por el propio desarrollo productivo. Marx capta la continuidad y discontinuidad del progreso tecnológico al plantear la unidad del sistema de maquinas (Marx, 1946, Tomo I, p. 303). Cada uno de sus tres componentes, a saber, maquina herramienta, maquina motriz y máquina de transmisión, experimentan en sucesión cambios revolucionarios que imponen transformaciones posteriores en los otros componentes. Esta es la noción que tomaremos como base para encontrar la lógica que relaciona una revolución con otra y por ende la especificidad de las mismas, en particular de la última.¹

Los tres elementos fundamentales de la primera era tecnológica (algodón, energía hidráulica y hierro) se reforzaron mutuamente para elevar la capacidad de producción industrial en Inglaterra a partir de 1780. El impulso inicial derivó del uso creciente del agua como medio de transporte y fuente energética, como resultado de lo cual el sector más receptivo: textiles de algodón creció rápidamente. El crecimiento de la producción de textiles de algodón se basó en la maquinización, primeramente en la hilatura con la lanzadera mecánica de Arkwright. Pero esta primera producción fabril presentaba dos problemas: *a)* las máquinas fabricadas con hierro no forjado era quebradizas; *b)* las fuentes hidráulicas estaban territorialmente muy dispersas, lo que obligaba a desconcentrar la industria. El primer punto se resolvió relativamente pronto con el uso del hierro forjado mediante el método “Puddling”, cuya producción se aceleró a partir de 1790. El uso generalizado del hierro forjado transformó la industria de maquinaria. Sin embargo, las limitaciones energéticas persistieron porque la máquina de vapor de Watt tuvo un ritmo de difusión muy lento debido a problemas técnicos no resueltos.

La construcción de la máquina de vapor de alta presión a principios del siglo XIX, constituye el pivote de la segunda revolución industrial. Esa innovación fue posible por los avances precedentes en la producción de máquinas herramientas con hierro forjado de menor costo. También hubo una inducción de demanda creada por las necesidades energéticas y de transporte derivadas del crecimiento de la industria textil. El arribo del transporte ferroviario, con la inauguración de la línea Liverpool-Manchester en 1830, abarató el transporte y el costo de la energía declinó aun más gracias a la rápida movilización de los *stocks* de carbón.

La era tecnológica estructurada por el hierro barato y la máquina de vapor acrecentó la presión sobre el sector de maquinas herramientas, actuando como propulsor hacia la tercera era o revolución tecnológica. La fuerza del hierro esponja

¹ De los varios autores de los que se extrajeron ideas para esta interpretación histórica destacan Tylecote (1991) y Freeman y Louca, *op. cit.*

y el forjado estaba limitada por impurezas. A medida que el conocimiento sobre metalurgia se perfeccionaba se lograron grandes avances en su eliminación, para llegar al acero, o sea, hierro al que se habían reducido las impurezas del carbón. Entre 1850-1880, la sucesión de varias innovaciones radicales de proceso (Bessemer, Siemens y Gilchrist-Thomas), permitieron el advenimiento de la era del acero barato de alta calidad. A su vez, el abaratamiento del acero imprimió un nuevo impulsó a la industria de maquinaria.

Los avances en la estructuración del conocimiento útil y la ampliación de la base epistemológica del mismo relacionada principalmente con la ingeniería de máquinas y la metalurgia crearon un nuevo marco que explica en buena parte los descubrimientos en inducción electromagnética a partir de 1830, del que surgió la tecnología del dínamo eléctrico hacia 1860-1870, base de la tercera era tecnológica. Dicha tecnología abrió la puerta a la generación y transmisión de un nuevo tipo de energía que se conjugaba con los avances en materiales, maquinismo y medios de comunicación logrados hasta entonces. Pero esa tecnología generó nuevos requerimientos desde el punto de vista tanto de la gestión productiva como de la social, relacionadas con las exigencias de equipo de una complejidad hasta entonces desconocida (mantenimiento, reparación, contabilidad, coordinación, gestión política, etcétera). Estas necesidades serían la base para una nueva ruptura en el ritmo de las innovaciones, es decir, el salto a la era de la producción de masas, donde la organización y gestión tomaron el rol dominante (cuarta era tecnológica).

Se requería una nueva organización por multitud de razones pero sobre todo las que emanaban de la ingeniería de máquinas. Esta había crecido en importancia económica desde mediados del siglo XVIII y se vio impulsada por el arribo del acero y la electricidad, pero su rol lo cumplía sobre la base de una organización artesanal, que agudizaba el problema de la limitada intercambiabilidad de partes. Pero la desarticulación del poder artesanal y de los oficios se logró a partir de la fórmula de Taylor en asignar a trabajadores semi-especializados o no especializados adscritos a maquinaria especializada, tareas acotadas y especificadas, garantizando la continuidad a un ritmo creciente mediante el movimiento de componentes. La idea de la línea de ensamble para mover las partes se tomó de la industria química añadiendo el motor eléctrico.

Hacia principios del siglo XX existían en Estados Unidos las condiciones para la cristalización la nueva era tecnológica. Ello se dio en 1915, cuando Henry Ford abrió la primera planta de ensamble de automóviles. El taylorismo separó las tres funciones de producción (manufactura, diseño y coordinación), que eran indivisibles y difusas en las primeras fábricas. Las grandes firmas entrañan sobre todo grandes problemas de coordinación. El papel de ingenieros y científicos se volvió cotidiano para dar lugar después al laboratorio. Dentro de esta revolución organizativa inducida por las transformaciones en la ingeniería de máquinas y la tecnología del dínamo eléctrico, había una debilidad que impulsaría la siguiente transformación.

Si el fordismo llegó a grado excelso por medio de la maquinización y la capacidad de transferencia lineal, era débil en la capacidad de control, lo que compensaba utilizando gran cantidad de trabajadores especializados que actuaban como elementos de integración y comunicación. Lo que hacía falta era una máquina inteligente.

El problema central es, en consecuencia, la retroalimentación e integración, que se configura como problema de información y comunicación. Ante esos requerimientos el transistor, la célula de la siguiente revolución tecnológica, debe verse como un instrumento básico de comunicación que enlaza, mediante el lenguaje binario al ser humano con las máquinas y a las máquinas entre sí. Como señala Castells (1999, p. 67), el transistor hizo posible procesar los impulsos eléctricos a un ritmo más rápido de un modo binario de interrupción y paso que constituyó el nuevo código de instrucciones.

Los semiconductores y circuitos integrados, o sea, la integración gigantesca de transistores tiene en general dos destinos: *a)* se aplican en artefactos o máquinas a las que provee de instrucciones para su funcionamiento, abriendo una nueva vía de automatización; *b)* se emplean como parte central de la unidad de procesamiento de las computadoras, que de este modo se convierten en los instrumentos fundamentales para el manejo de información y comunicación. La programación electrónica de maquinaria y de las computadoras rompió la rigidez de la producción de masas, reconfigurando la relación entre los medios de producción, los materiales y productos y la fuerza de trabajo.

Antes del advenimiento de la computadora electrónico-digital los grandes requerimientos de integración, coordinación y comunicación derivados de la confluencia del dínamo eléctrico, el motor de combustión interna, la ingeniería pesada y la cadena de montaje, se enfrentaron por vía electromecánica y analógica. El primer paso al sistema electrónico se dio a fines de 1940 cuando se adoptó la arquitectura von Neumann, que consiste en lectura de datos por un procesador que sigue en secuencia un programa de instrucciones apoyada por dispositivos de memoria reprogramable. La arquitectura von Neumann fue la creadora del software en tanto modificó el diseño Eckert-Mauchly que se basaba en el propio hardware para efectuar sus operaciones (Mowery, 1999, p. 143); el principio de almacenar las instrucciones en una memoria que podía modificarse es la base del concepto actual de software.

La confluencia entre la electrónica y las telecomunicaciones se profundizó a partir de los sesenta, con la aparición del primer conmutador electrónico en Estados Unidos. El uso de la digitación se dio a partir de 1965 con la introducción del Pulse Code Modulation por ATT (Castells, *op. cit.*, p. 72). El paso definitivo para la integración de los elementos dispersos de la nueva tecnología parece corresponder a los setenta con la invención del microprocesador, la computadora personal y la individualización del software como industria independiente (Castells, *op. cit.*, pp. 70 y 73). La concreción del proceso de integración de distintas innovaciones es la tecnología genérica, que se plasma en la era actual en la computadora microelectrónica-

digital, para usar la denominación propuesta por David (2002, pp. 68-77; Carlsson, 2004). Los efectos de esta tecnología genérica pueden clasificarse así:

- a) Transformación profunda de las actividades productivas, con automatización de procesos e integración en línea, diseño, manufactura, inventarios, ventas, administración, etcétera
- b) En el marco de la integración de actividades, el diseño se convierte en la actividad fundamental por su capacidad para transformar productos y procesos de manera cada vez más acelerada y amplia
- c) Incremento de la capacidad humana para generar valor y riqueza a través de efectos cuantitativos (aumento de productividad) y cualitativos (calidad y variedad) que devuelven al trabajo su condición compleja, mermada con la revolución organizativa y gerencial del fordismo
- d) Formación de redes entre múltiples unidades productivas, con integración hacia proveedores y usuarios para generar grandes economías de abastecimiento
- e) Sustentación de la cadena de actividades productivas en enormes bases de datos y medios cada vez más avanzados de procesamiento de información, gracias a los cuales se integran producción y circulación

La especificidad de la nueva etapa histórica: conocimiento e información

La sucesión de las innovaciones que hemos analizado sugiere que la especificidad histórica de la era actual radicaría en una relación crecientemente compleja entre conocimiento útil e información, como soportes de la reproducción social.² Los grandes requerimientos de integración, coordinación y comunicación que crecieron aceleradamente desde principios del siglo XX, colocan a la nueva tecnología genérica, la computadora electrónico-digital, como el eje de articulación del conocimiento y la información.

La percepción de este cambio histórico se expresa en la formulación de dos conceptos en cierto modo complementarios que intentan abarcar los aspectos centrales de dicha transformación: economía del conocimiento e informacionalismo.³

² Tomaremos la conceptualización de David y Foray (1995) en la que el conocimiento es una facultad que permite a su poseedor actuar intelectual y físicamente; la información consiste en datos estructurados que permanecen ociosos hasta que alguien con los conocimientos suficientes los utiliza para interpretarlos y procesarlos. El conocimiento se transforma en información mediante la codificación, es decir, la transcripción del conocimiento en representaciones simbólicas susceptibles de difundirse y almacenarse (*Ibid*). La codificación da lugar a nuevas posibilidades cognoscitivas ya que previo aprendizaje, pueden conducir a la creación de nuevos objetos de conocimiento (*op. cit.*, p. 27).

³ Tomamos el concepto de Castells (*op. cit.*, p. 43), quien lo define como modo de desarrollo actual. El mérito de la propuesta de Castells es que hace hincapié en la fuente de crecimiento de la productividad, pero no logra diferenciar entre conocimiento e información, para la cual se requiere la línea de análisis de David y Foray, 1995.

Pasaremos a continuación a discutir su contenido para tratar de interrelacionarlos e integrarlos en la concepción más amplia del modo actual de desarrollo.

Como dice Foray, la noción de economía del conocimiento, pretende introducir la idea de una ruptura en los procesos de crecimiento y en las formas de organización económica, representada en el papel que adquiere los llamados activos intangibles.⁴ En Estados Unidos el valor corriente de los activos intangibles de capital empezó a sobrepasar a los de capital tangible (infraestructura, equipos, inventarios y recursos naturales) a fines de los sesenta (*op. cit.*, p. 22). Sin embargo, el cambio en la composición de los activos es sólo la expresión de un cambio cualitativo en el papel del conocimiento, que exigiría referirse, siguiendo a Mokyr (2002), a dos factores cruciales: las bases epistemológicas y los costos de acceso. Lo primero se refiere a la comprensión de los fundamentos de las innovaciones, o sea, el saber *por qué* en comparación al saber *cómo*. Lo segundo se refiere al grado de difusión de ese conocimiento como condición del progreso social.

Sabemos que es a partir de la revolución industrial cuando se empieza a superar la estrechez epistemológica de la tecnología, quedando atrás los mecanismos de retroalimentación negativa del crecimiento económico. A lo largo del siglo XIX, aunque aumentó la importancia de la ciencia en la innovación tecnológica subsistió un importante desfase entre el por qué y el cómo, notorio aun en el caso del dínamo eléctrico.⁵ Es únicamente a partir de principios del siglo XX cuando tiende a haber una correspondencia entre las dos estructuras, gracias al conocimiento acumulado pero también a una revolución en la organización de la ciencia aplicada, centrada en el perfeccionamiento del laboratorio de investigación y desarrollo, la universalización de la educación y el apoyo público a la ciencia básica. La correspondencia entre por qué y cómo cristaliza en la revolución de la física cuántica que conduce la invención del transistor en los años cuarenta.

El advenimiento de los semiconductores como expresión de la profundización y ampliación cualitativas de las bases epistemológicas de la tecnología se complementó como una reducción dramática de los costos de acceso debido a la capacidad lograda para codificar el conocimiento y convertirlo en información. El advenimiento de la tecnología genérica de la computadora electrónico-digital explica la reducción dramática de los costos de acceso y la conversión masiva de conocimiento tecnoló-

⁴ O sea, la inversión orientada a la producción y disseminación de conocimiento (capacitación, educación I&D, información y coordinación) y la inversión orientada a sostener la capacidad humana (gastos en salud). Ver Foray, 2000, p. 22.

⁵ "La base epistemológica del arco voltaico estaba incompleta aun a finales del siglo XIX, en tanto los científicos estaban divididos entre hipótesis químicas y antiquímicas del funcionamiento del generador Nelson y Rosenberg destacan que Edison observó el flujo de corriente entre el filamento incandescente y el alambre de su lámpara sin percatarse de que estaba observando el movimiento de los electrones, la existencia del cual fue postulada veinte años después" (Mokyr, 2002).

gico a bien público (David y Foray, 1995). Así estructurada, la economía del conocimiento tiende a gobernar la reproducción social en las economías más desarrolladas a partir de los años ochenta,⁶ generó los siguientes efectos económicos:

- a) Aceleración del crecimiento de la productividad principalmente en el procesamiento, almacenamiento e intercambio de información, crucial en un grupo muy amplio de sectores económicos
- b) Surgimiento nuevos bienes y servicios
- c) Adopción de un modelo organizativo de las relaciones de propiedad, centrado en las posibilidades de extraer rentas económicas del manejo de la información

La conclusión del análisis anterior es que la economía del conocimiento se sustenta sobre un tipo de tecnología que revoluciona la capacidad para procesar la información, pero su racionalidad económica conduce a un nuevo modelo organizativo. El informacionalismo representa, en consecuencia, ese nuevo modelo organizativo adoptado para extraer rentas económicas de las nuevas posibilidades en el manejo de la información. Lo anterior supone naturalmente una conversión masiva de conocimiento a información⁷ y el uso de esa información como insumo productivo gracias a lo cual se incrementa explosivamente el valor de uso de los bienes (mayor calidad, variedad y sucesión acelerada de modelos) y por ende su valor. De lo anterior se desprende que el informacionalismo es un proceso acotado por las relaciones de propiedad capitalista y estructurado a partir de elementos tecnológicos, pero igualmente de transformaciones en los derechos de propiedad. Consiste en el uso capitalista del conocimiento a partir del procesamiento de la información como principal fuente del incremento de la productividad.⁸

Si la estructuración de la economía del conocimiento y su interfase con el informacionalismo le confiere una gran importancia a los sistemas en el marco de una imparable progresión de la automatización, la clave para valorizar el capital depende de la nueva función del trabajo humano. Aunque hay un elevamiento extraordinario

⁶ Con la tecnología electrónico informática, la economía del conocimiento encontró su base material (Foray, *op. cit.*, 27).

⁷ "La transformación del conocimiento en información es una condición necesaria para convertirlo en mercancía" Ello se explica porque el mercado de conocimiento es muy "delgado", o sea, constituye un monopolio bilateral, en el cual comprador y vendedor asigna al bien un valor discrepante (David y Foray, *op. cit.*). Dado que la valorización se fundamenta en la información es preferible hablar más bien de capitalismo informático que de capitalismo cognoscitivo.

⁸ Paradójicamente, como explican Cowan, Foray y David (2000, p. 242), en tanto esta nueva organización productiva se basa en una elevada codificación del conocimiento como condición para la valorización, pone en peligro su capacidad de rendir plusvalor, ya que aproxima el conocimiento a bien público no rivalizable. Veremos ese punto en la parte final de este apartado.

de lo que Marx llamó composición técnica, el trabajo humano se potencia como trabajo complejo a partir de tres actividades centrales:

- a) La *programación* como creador del lenguaje de instrucción para las computadoras electrónico-digitales, principalmente bajo la modalidad de aplicaciones para el desarrollo de software (software para crear software)
- b) La concepción del producto o proceso a través del *diseño* y su cristalización como prototipo comercializable
- c) En tanto eje de la *coordinación* global del proceso productivo, interconectando sus diferentes estructuras espaciales para dar continuidad a la alta valorización capitalista

Conclusión

La significación de estas tres actividades es enorme en varios sentidos, pero el tercero destaca por sus repercusiones ulteriores en el proceso de valorización. Al aumentar el poder de interconexión y coordinación a distancia se logra a través de las cadenas globales de producción, acceso a enormes reservas de fuerza laboral de diferente grado de calificación y por ende de capacidad para rendir trabajo complejo. El acceso a estas reservas mundiales es en sí una fuente de ganancias extraordinarias, ya que los costos de reproducción de esa fuerza de trabajo son sustancialmente más bajos que la media de las economías desarrolladas, donde están implantadas las principales estructuras de la economía del conocimiento.

La contradicción en que se desenvuelve el capitalismo informático es que si la valorización se sustenta en una transformación creciente del conocimiento en información, esa misma transformación lo acerca a la condición de bien público, que corroe la apropiación privada (ver Foray, *op. cit.*; David y Foray, *op. cit.*). De acuerdo a diversos autores citados, la respuesta radicaría en la imposición de estrictos derechos de propiedad que restringen la difusión de la información y elevan los costos de acceso. Sin embargo, como vimos la misma estructuración histórica de la economía del conocimiento ha dependido del abatimiento de los costos de acceso al conocimiento. Lo anterior sugiere que los derechos de propiedad no juegan un papel uniforme a lo largo del ciclo de difusión del nuevo paradigma, sino que se definen socialmente a partir del ciclo de vida tecnológico. Siguiendo la terminología Afuah y Utterback (1997, p. 185), en la fase fluida del ciclo tecnológico los derechos de propiedad se difunden, es decir, se amplía el acceso al conocimiento tecnológico; en contraste, una vez constituido el diseño dominante, empiezan a aparecer fuertes tendencias a la centralización de los derechos de propiedad, o sea, a elevar los costos de acceso ■

Bibliografía

- Afuah, Allan y James Utterback, "Responding to Structural Industry Changes: A Technological Evolution Perspective", *Industrial and Corporate Change*, núm. 1, 1977, pp. 183-201.
- Boutang Moulrier, Yann, *Los nuevos cercamientos: nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, o la revolución rampante de los derechos de propiedad*, Universidad de Paris-La Sorbona, Inédito.
- Carlsson, Bo, "The Digital Economy: What is New and What is Not?", *Structural Change and Economic Dynamics*, 15, 2004.
- Castells, Manuel, *La era de la información*, México: Siglo XXI Editores, vol. I, 1999.
- Cowan, Robin, Paul A. David and Dominique Foray, "The Explicit Economics of Knowledge Codification and Tacitness", *Industrial and Corporate Change*, vol. 9, núm. 2, 2000.
- Y Dominique Foray, "The Economics of Codification and the Diffusion of Knowledge", *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, núm. 3, 1997.
- Dabat, Alejandro, *Capitalismo mundial y capitalismos nacionales*, México, Fondo de Cultura Económica, 1994.
- David, Paul A. "Understanding the Digital Technology's Evolution and the Path of Measured Productivity Growth: Present and Future in the Mirror of the Past", en Erik Bryjolfsson y Brian Kahin (eds.), *Understanding the Digital Economy. Data, Tools and Research*, Cambridge, The MIT Press, 2002.
- Y D. Foray, "Accessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base", *STI Review*, núm, 16, 1995.
- Foray, Dominique, *Economics of Knowledge*, Cambridge, The MIT Press, 2000.
- Freeman, Christopher y F. Louca, *As Time Goes By. From de Industrial Revolutions to the Information Revolution*, Oxford, Oxford University Press, 2001.
- Marx, Carlos, *El Capital. Crítica de la economía política*, México, Fondo de Cultura Económica, 1946.
- Mokyr, Joel *The Gift of Athena. Historical Origins of the Knowledge Economy*, Princeton University Press, Princeton, 2002.
- Mowery D. "The Computer Software Industry", en D. Mowery y R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership. Studies of Seven Industries*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- Pérez, Carlota. *Technical Revolutions and Financial Capital*, Edward Elgar, Cheltenham, 2002.
- Pérez, Carlota. "Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil", en *Revista de la CEPAL*, diciembre de 2001
- Rivera Ríos, Miguel A. *Capitalismo informático, cambio tecnológico y desarrollo nacional*, Juan Pablos Editores, México, 2005.
- Tylecote, A. *The Long Wave in the World Economy*, Routledge, Londres, 1991.