

1. La revolución informática y el cambio económico mundial

Fenómenos como el despliegue de la revolución informática (RI) y la conversión del SE-I en el eje central de la economía mundial son muy recientes, pues comenzaron a manifestarse de manera directa en la penúltima década del siglo anterior y se concretaron plenamente en el mismo lapso. Por esa razón, tales fenómenos históricos específicos no pueden diluirse pura y simplemente en lo que fue el punto de partida tecnológico de la RI, la revolución tecnológica basada en la microelectrónica o revolución microelectrónica (RM) a secas, iniciada en los años cincuenta, como señala gran cantidad de autores, ni tampoco asimilarse, como sostienen otros (Dos Santos, 1999), dentro del proceso histórico evolutivo de rápida innovación tecnológica de la segunda posguerra (la llamada "Revolución científico-técnica" o RC-T).

La necesidad de distinguir entre la actual RI y las anteriores RM y RC-T debe llevar a un esfuerzo de periodización y conceptualización histórica que delimite claramente la actual revolución tecnoeconómica (o productiva)¹ del cambio tecnoeconómico de la segunda posguerra, de carácter básicamente evolutivo.

¹ Utilizamos el concepto revolución tecnoeconómica como sinónimo de revolución productiva o "industrial" en el sentido clásico de Marx. Mantoux o Landes, para diferenciarlo del más limitado de revolución tecnológica, referido específicamente al cambio tecnológico radical provocado por la irrupción de nuevas tecnologías. El concepto de revolución industrial (o productiva) apunta más bien a la transformación radical de la producción y la vida social resultante del uso generalizado de una constelación de innovaciones radicales o, si se quiere, de un "nuevo sistema tecnológico" (Freeman *et al.*, 1982). En lo que hace al concepto de RC-T, no debe olvidarse que se originó en la Unión Soviética, donde —en contraposición a los logros espaciales

El dinamismo económico del capitalismo después de la segunda guerra mundial derivó de la expansión del sistema tecnológico y productivo fordista en la escala global, a partir de un cúmulo de innovaciones incrementales derivadas de la lógica interna de dicho sistema. Las innovaciones tecnológicas radicales que operaron al interior (como la nuclear y la microelectrónica básicamente) no llegaron nunca a constituir la base sobre la cual transformar la producción y la vida social. La revolución microelectrónica de la segunda posguerra (digitalización, tubos electrónicos, memoria magnética, transistor) fue —hasta la reestructuración capitalista de fines de los años setenta— un ingrediente complementario y, por tanto, no dominante del cambio tecnológico, centrado en el despliegue del capitalismo fordista-keynesiano y en la manipulación del átomo con fines político-militares y de poder mundial (guerra fría, carrera espacial).

La subordinación de la innovación microelectrónica a la tecnología nuclear y a los fines militares y las estrategias de poder se tradujo en una muy débil instrumentación productiva y un radio aún más reducido de difusión social. Las primeras generaciones de computadoras, equipadas con tubos al vacío (*mainframes*), eran de tamaños “dinosaurios”, enormemente caras, operadas sólo por los gobiernos y las empresas más grandes, con muy pocos compradores potenciales, por lo que debían rentarse, más que venderse, para poder colocarlas en el mercado (Mertens, 1986).

Esto empezaría a cambiar gradualmente en los años sesenta y setenta con la aparición del circuito integrado y el microprocesador de uso general,² o las primeras manifestaciones de convergencia con la

—y militares— no se materializó en ningún cambio revolucionario en la producción y la vida social, y sólo fue, en todo caso, un débil embrión de revolución productiva, abortado por la orientación militar-burocrática general de la RC-T y su dependencia de la tecnología nuclear.

² “La aparición de la cuarta generación de computadoras basada en el microprocesador cambiará totalmente el concepto de la computadora, tanto en sus dimensiones físicas y condiciones de operación, como en su capacidad de funcionamiento” (Mertens, 1986). El microprocesador se desarrolló a partir de la introducción precedente del circuito integrado en gran escala (*large-scale-integrated* o LSI), que junto a los avances optoelectrónicos o la pantalla LCD harán posible el desplazamiento de la industria militar-espacial por la electrónica de consumo como principal usuaria de

tecnología de las comunicaciones, a partir del satélite de uso civil o el cable de fibra óptica. En el plano productivo se corresponderá con el ascenso de la electrónica de consumo, que pasará a convertirse en el principal destinatario de la producción de circuitos integrados en lugar de la industria militar-espacial. Tales innovaciones tecnológicas y cambios económicos, a pesar de constituir un punto intermedio necesario, no bastaron por sí mismos para revolucionar los principales fundamentos de la producción social, porque continuaban teniendo una incidencia relativamente periférica en el plano productivo. Para cambiar esto, se requeriría tanto de desarrollos tecnológicos adicionales, como sobre todo, de factores no tecnológicos (económicos, sociales, políticos), como los que condujeron a la reestructuración global del capitalismo de los años ochenta y noventa.³

La conversión de la revolución microelectrónica en revolución productiva no puede separarse de las circunstancias históricas que condujeron a la globalización y al tipo de capitalismo (informático-global) muy diferente del anterior.⁴ Las principales innovaciones de producto y proceso propias de la RI se darán en las décadas finales del siglo como respuesta a la crisis estructural del capitalismo fordista-keynesiano y la búsqueda de salidas económicas que permitirán restablecer la rentabilidad del capital y el crecimiento económico (Pérez, 1993; Dabat y Rivera, 1988).

equipo electrónico. Japón estará al frente de tales innovaciones por un breve tiempo, por su liderazgo en la electrónica de consumo, lo que le permitiría situarse al frente tanto de la producción mundial de televisores y equipo de audio como del tipo de semiconductores utilizados principalmente por esa industria (transistores, circuitos de memoria de diverso tipo y procesadores), en especial circuitos de memoria (Hart, 1993).

³ Una primera precondition histórica sería el agotamiento económico y social del capitalismo fordista-keynesiano (fin del largo ciclo ascendente, basado en ese tipo de capitalismo), que impuso la necesidad de pasar a nuevas formas de organización del trabajo y de la producción, sustentadas en una nueva base técnica. Para un desarrollo *in extenso* de estas cuestiones, puede verse Dabat (1993), especialmente el capítulo 7.

⁴ Sobre la relación entre nuevas tecnologías y globalización, puede verse Dabat, “Empresa transnacional, globalización y países en desarrollo”, en J. Basave (coord.) (2000).

En términos microeconómicos y del desarrollo sectorial de la industria, el cambio puede situarse en el pasaje de la antigua industria verticalmente integrada de la *mainframe* (supercomputadora), a la nueva industria diversificada de los ochenta, centrada en la computadora y, posteriormente, a la red (Barrett, 1995; Lester, 1998).⁵ De una industria dominada por un puñado de empresas que producen la más amplia gama de los componentes y procesos necesarios de naturaleza no intercambiable (IBM, NCR, NEC) se pasó a la industria "desintegrada" y competitiva de los ochenta, estructurada en torno a subsectores industriales y mercados diferentes (*hardware, software, armado final, comercialización, etc.*), a partir de estándares técnicos unificados por industria y sector y no por empresa, conforme se esquematiza en la gráfica 1.

Como en las anteriores revoluciones productivas, la difusión masiva de las nuevas tecnologías se apoyó en una severa y continuada caída de los precios de los nuevos productos básicos, en este caso los semiconductores, cuyo descenso por unidad de medida (kilobyte de memoria) alcanzó niveles altísimos, superiores a 40% anual (ITO, 1997:77), cerca de tres veces superior al descenso de precios de la propia computadora. Tal caída no ha dejado de actuar hasta el presente, y desde 1995 (véase la gráfica 2) ha estado acompañada por una aceleración del descenso del precio de las computadoras desde un nivel anterior cercano a 12% anual a otro del orden de 26 por ciento.

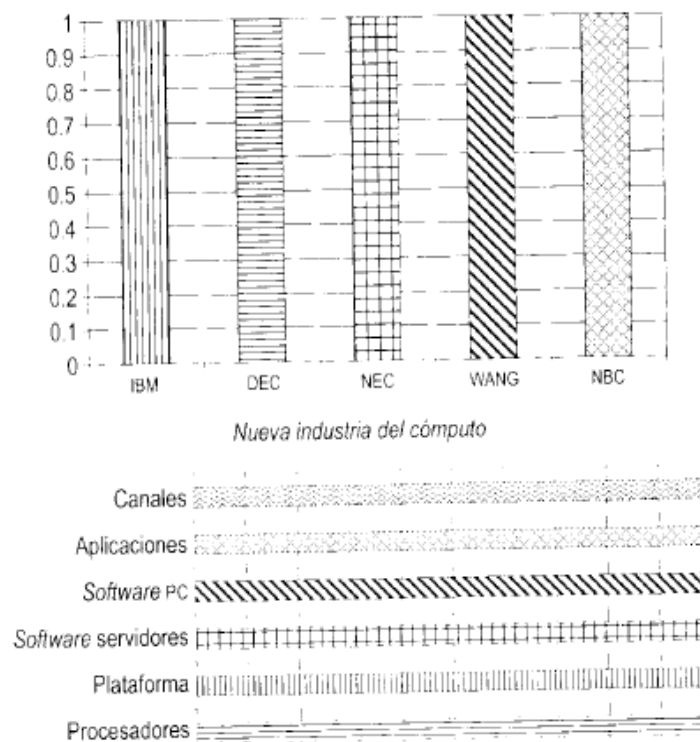
Las condiciones señaladas (agotamiento del régimen productivo anterior, enormes potencialidades de la nueva tecnología, creciente accesibilidad y baratura de los nuevos productos y procesos) convergirán hacia finales de los setenta y comienzos de los ochenta para abrir paso a un proceso de recomposición radical de la base técnica de la producción y la vida social, que constituirán la esencia de la revolución informática.

Desde su desencadenamiento hasta finales de los años noventa, la revolución informática ha atravesado por dos grandes etapas que

⁵ Según señalan los autores más respetados en el estudio del cambio tecnológico actual (Mowery y Rosenberg, 1998; Mowery, 1999), este proceso fue favorecido por la aplicación de la legislación antitrust a la IBM en Estados Unidos, que facilitó la emergencia de los productores independientes.

Gráfica 1
La desintegración de la industria del cómputo

Antigua industria de la computación
(distribución, aplicaciones, software, plataformas, semiconductores)

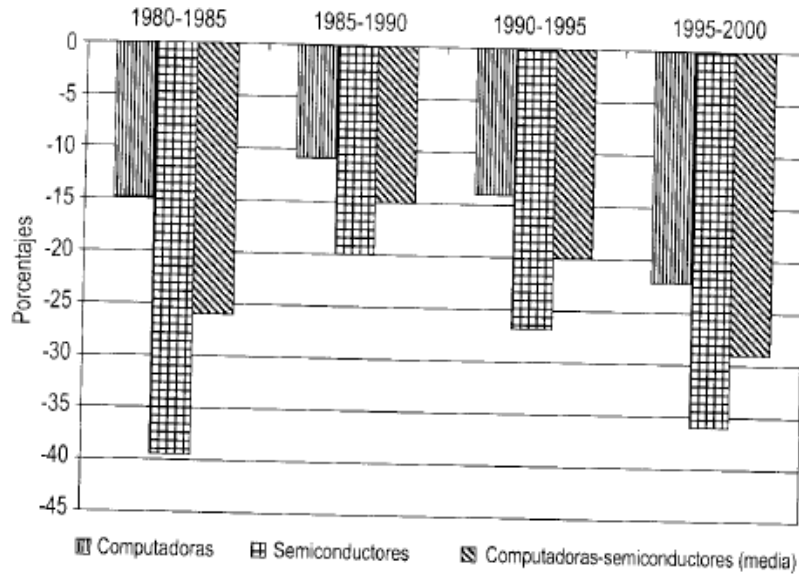


FUENTE: Lester (1998).

coinciden, aproximadamente, con las décadas de los años ochenta y noventa.⁶ La primera se desenvolverá con relativo paralelismo en Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, aunque una parte muy importante de sus logros tecnológicos y productivos se inició algo antes en Japón, en el marco de la revolución toyotista y la *lean production*. En esta primera etapa pueden distinguirse tres procesos principales.

⁶ Sobre esta periodización véase Mowery y Rosenberg (1998).

Gráfica 2
Caida media anual por quinquenios de los precios de computadoras
y semiconductores, 1980-2000



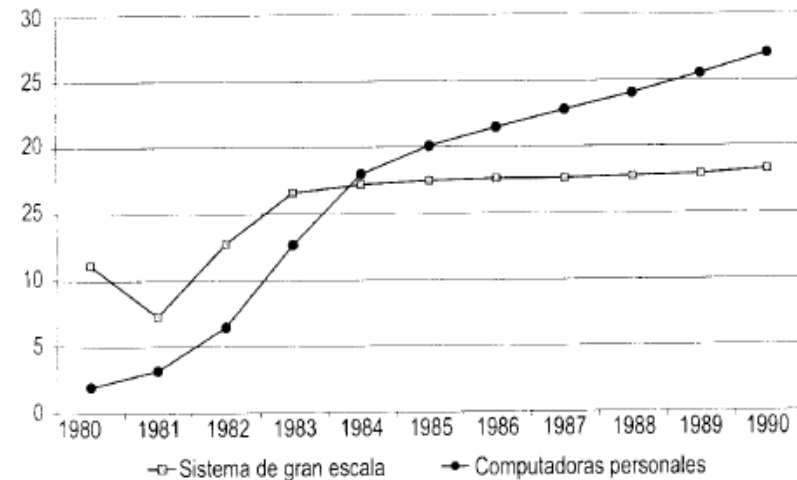
FUENTE: 1980-1990: computadoras: A. Jorganson y K. Stiroh, "Computers and Growth, and New Technology", en *Economics of Information*, 1995, vol. 3, núms. 3-4, pp. 295-316; semiconductores: Bruce T. Grim, *Prices Indexes for Selected Semiconductors. Surrey of Current Business*, enero de 1998. 1990-2000: computadoras y semiconductores: Barry P. Bosworth y Jack E. Triplett, *Workshop on Communications Output and Productivity*, febrero, 2001.

El primero será la aplicación del procesador para una diversidad sin precedente de usos no computacionales, lo que tendría consecuencias fundamentales para la reestructuración económica y la renovación radical de la base técnica de la producción manufacturera, a partir de la introducción del equipo de control numérico y los sistemas CAD-CAM, en conjunción con otras innovaciones igualmente importantes en materia de organización del trabajo y gestión empresarial (ONU-CET, 1988). Pero también tendrá una gran importancia la transformación de la base técnica de las operaciones bancarias y financieras gracias a la introducción de los sistemas de transferencia automática de fondos y de los cajeros automáticos en el marco de la desregulación y titularización del crédito (Dabat y Toledo, 1999). A

ello debe agregársele el desarrollo en gran escala de la ingeniería financiera, posibilitado por la computarización generalizada del medio empresarial.

El segundo proceso será la vertiginosa entrada en escena de la computadora personal (PC), que da lugar al desplazamiento ya señalado de la macrocomputadora, prácticamente inaccesible y en extremo cara, que había dominado el mercado computacional en sus primeros treinta años (véanse las gráficas 3 y 4). La PC abrió un enorme espacio para la difusión del procesamiento electrónico de información, que pasó a ser utilizado por las empresas modernas, las universidades y comunidades académicas y profesionales, las dependencias gubernamentales, las organizaciones civiles y un amplio y creciente círculo de la población en general.⁷

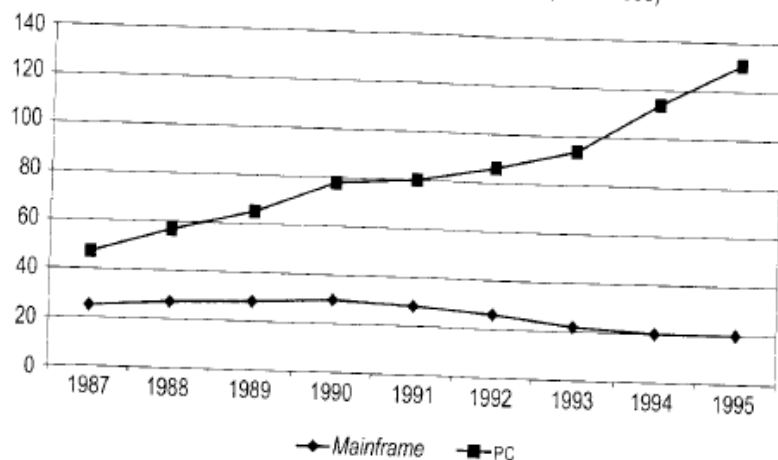
Gráfica 3
Mainframes y computadoras personales en Estados Unidos
(ventas anuales en miles de millones de dólares, 1980-1990)



FUENTE: International Data Corporation (1992), tomado de Mowery y Rosenberg (1998:150).

⁷ De 1982 a 1988 la producción de PC en Estados Unidos creció 1400%, a una tasa anual media superior a 50%. Como resultado, la participación en el mercado de las computadoras de gran tamaño no especializadas (multiusuarios, en la terminología actual) se reduce de 98% del total a menos de 50% (Flamm, 1993).

Gráfica 4
Mainframes y computadoras personales en países de la OCDE
(ventas anuales en miles de millones de dólares, 1987-1995)



FUENTE: OCDE (1997:20).

El tercer proceso consistió en los primeros cambios en la regulación y fraccionamiento de la industria; se desencadenó en Estados Unidos, a partir de 1984, como resultado de la aplicación de la legislación "antitrust contra la AT&T" (Mowery, 1999) para obligarla a desprenderse de sus principales actividades telefónicas y vender parte de ellas a sus competidores. La primera y principal línea tecnológica de avance en este campo se dio en la telefonía tradicional por cable, a partir de la introducción de la fibra óptica y el conmutador electrónico (Ambrose, 1993). Pero también tuvieron lugar progresos importantes en las tecnologías satelital (acceso múltiple) y de radiocomunicaciones (celular), que abrieron paso a nuevas vías de telefonía electrónica sin cable.

En los años noventa, particularmente en su segunda mitad, tendrá lugar un nuevo e impresionante salto en la extensión e interacción de los procesos productivos mencionados. El crecimiento de la producción conjunta de computadoras, semiconductores y equipo de comunicaciones pasará a crecer de una tasa anual media de 12% de 1990 a 1993, a otra de 26% de 1994 a 1999. Pero más importante aún que

el crecimiento cuantitativo del sector será la transformación cualitativa del mismo a un nivel muy superior de desarrollo e integración.⁸

Los principales componentes del cambio de los años noventa serán: 1) la convergencia de la computadora y el teléfono por medio del módem; 2) el desarrollo acelerado del fax; 3) el crecimiento vertiginoso de las redes de computadoras, como LAN o intranet; 4) la articulación de las redes en torno a internet como red de redes y el crecimiento espectacular de la WWW, y 5) la creciente incorporación al espacio virtual del conjunto de las actividades empresariales y de la propia vida social. De modo paralelo al desarrollo de las redes de comunicación, crecerá igualmente la conexión electrónica de los medios y técnicas de comunicaciones (industrias y productos "multimedia") y la posibilidad de múltiples enlaces al nuevo universo de la comunicación.

La interconexión electrónica de los medios de información y comunicación no sólo acelerará el conjunto de los procesos productivos del sector, sino que también modificará la importancia económica y la jerarquía relativa de los sectores productivos y de los espacios territoriales (países, regiones, localidades) en torno a un conjunto de nuevos parámetros de estructuración del conjunto de la actividad económica, los cuales quizá podrían sintetizarse como sigue:

1. La intensificación del uso productivo del conocimiento y su valorización se vuelven centrales en la producción y reproducción sociales, lo que implica una nueva articulación directa e inmediata entre el sector científico-educativo (SC-E), en tanto ámbito social en el que se concentra la creación de conocimiento, y el conjunto de las actividades industriales y de servicios sociales, en tanto ámbito que concentra el proceso de su aplicación (papel de la ciencia y el conocimiento empírico, la investigación, el diseño, la programación o el desarrollo de productos y procesos).⁹ Esto se expresará en una forma

⁸ La mayor integración de las actividades productivas no se traducirá, sin embargo, en una correlativa convergencia cíclica entre la producción de bienes y servicios y la circulación financiera, ya que esta última estará dominada por sujetos económicos ajenos a la producción en un entorno económico dominado por enormes corrientes especulativas mundiales, que se tradujeron en las grandes crisis financieras internacionales de 1992, 1995 y 1998.

⁹ La concentración de las actividades de creación y aplicación del conocimiento en cada uno de los ámbitos referidos no implica que en ellos no se lleve a cabo la

distinta de producción, que supone la preeminencia de novedosas formas de trabajo productivo y de propiedad (Kenny, 1997), así como un nuevo patrón de competencia, que implica la ganancia extraordinaria de monopolio (renta tecnológica)¹⁰ y un equilibrio competitivo inestable, lo cual, en su conjunto, dará lugar a la llamada "economía del conocimiento" (Romer, 1990; Stiglitz, 1999; Ordóñez, 2004a).

2. El sector electrónico-informático (SE-I) pasará a sustituir al complejo automotriz-petrolero, propio del fordismo, como núcleo articulador de la producción social y la acumulación de capital, lo que traerá consigo la conformación de una nueva estructura productiva (o patrón industrial) y otro tipo de dinamismo económico (nuevo ciclo industrial).

3. Se establece una relación mucho más directa e integrada que la anterior, entre el nuevo complejo articulador y las restantes actividades productivas, tanto en el ámbito de las tecnologías de proceso (productivas, organizacionales, laborales, informativas, de *marketing*) como de producto (incorporación del microprocesador a los más diversos medios de producción, consumo duradero e infraestructura física, operación de puentes, canales, ductos, etcétera).¹¹

actividad complementaria, sino únicamente se refiere al carácter de su actividad principal. El *software*, en tanto conocimiento codificado y plasmado en un programa es, junto con el microprocesador, el nuevo medio tecnológico principal que, en consonancia con el desarrollo de las telecomunicaciones, permite esta nueva articulación entre los dos ámbitos sociales.

¹⁰ El concepto de renta tecnológica ha tenido desde la segunda mitad del siglo XIX un lugar muy importante en la literatura económica. Coincide en sustancia con el concepto de "plusvalía extraordinaria" formulado por Marx y cumple un papel central en la teoría shumpeteriana de la innovación. En los años setenta ocupó un lugar central en los trabajos de E. Mandel sobre el capitalismo tardío, para convertirse, posteriormente, y en un nivel de aún mayor centralidad, en una pieza teórica fundamental de los estudios sobre el cambio tecnológico y la competencia internacional de autores como, entre otros, Pavitt (1984) o Kaplinsky (1998). Conforme estos últimos autores, la renta tecnológica podría definirse como el ingreso temporal de monopolio que obtienen las empresas innovadoras en el mercado mundial, antes de que los competidores elaboren por su cuenta o copien la tecnología que da lugar a ese tipo de beneficio.

¹¹ Un aspecto central de la nueva tecnología generalmente no bien comprendido es la refuncionalización e integración a un nuevo nivel del conjunto de la infraestructura física existente, tanto de comunicaciones y eléctrica, como de transporte (operación electrónica de trenes, puentes, canales, ductos, etcétera).

4. El proceso de valorización del conocimiento dará lugar a un nuevo tipo de división interindustrial e interempresarial del trabajo entre los siguientes tipos de empresas: 1) las grandes OEM (Original Equipment Manufacturing), especializadas en investigación, diseño y creación de patentes y marcas; 2) las empresas ODM (Original Design Manufacturing), centradas en las actividades de diseño de menor importancia y actividades manufactureras; 3) las empresas contratistas manufactureras (CM), que tenderán a concentrarse en las actividades que les dan nombre, y 4) empresas contratistas de servicios (CS) para producción, administrativos y posventa (Ordóñez, 2004a),¹² lo que dará origen al nuevo tipo de organización empresarial en red (Dabat, 2000) y favorecerá la dispersión espacial e internacional de la industria, que se considerará más adelante.

Antes de entrar a considerar las consecuencias espaciales e internacionales del desarrollo del sector, en lo que sigue se estudiará su composición y dinámica interna en una perspectiva de conjunto.

¹² La combinación de esta división técnica del trabajo con el nuevo tipo de organización en red y los principios de la *lean production*, darán lugar a sucesivos círculos de abastecimiento y subcontratación. El grueso de las actividades de manufactura se transferirán de las empresas diseñadoras y propietarias de marca a los nuevos subcontratistas manufactureros, que a su vez tenderán a crear nuevos círculos mercantiles de abastecimiento con sus propios proveedores de bienes y servicios.