

# El capitalismo en crisis.

## La gestión del cambio tecnológico en el quinto Kondratiev

Miguel Ángel Rivera Ríos\* | Oscar Daniel Araujo Loredo\*\*  
Josué García Veiga\*\*\* | José Benjamín Lujano López\*\*\*\*

*Resumen.* El artículo presenta un análisis sobre la dinámica del capitalismo a largo plazo, al asociar las revoluciones industriales con la caída tendencial de la tasa de ganancia. Lo anterior con el fin de comprender la relación que guarda la crisis actual del capitalismo y el cambio tecnológico centrado en el paradigma tecnoeconómico digital. Al partir de que la productividad y el crecimiento económico mundial han ido declinando desde hace aproximadamente dos décadas se formula un análisis que incorpora el andamiaje socioinstitucional, el ciclo de poder global y las contradicciones inherentes del capitalismo que acumula más capital del que puede absorber. Se logra, así, una visión interpretativa que subraya la potencialidad del pasaje a la inteligencia artificial, mediada por un acuerdo entre las dos superpotencias mundiales que, de tener éxito, abrirán un capítulo nuevo en la historia de la humanidad en el que quedará superado socialmente el poder del capital.

*Palabras clave:* tercera revolución industrial, quinto Kondratiev, tasa de ganancia, productividad, inteligencia artificial.

\* Mexicano. Profesor investigador, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo-e: [mriverrarios@gmail.com](mailto:mriverrarios@gmail.com)

\*\* Mexicano. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo-e: [oscararaujoloredo@gmail.com](mailto:oscararaujoloredo@gmail.com)

\*\*\* Mexicano. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo-e: [josuegave@hotmail.com](mailto:josuegave@hotmail.com)

\*\*\*\* Mexicano. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo-e: [lujano.benjamin@gmail.com](mailto:lujano.benjamin@gmail.com)

## Capitalism in crisis.

### Addressing technological change in the fifth Kondratieff cycle

*Abstract.* This article offers an analysis of the long-term dynamics of capitalism, associating industrial revolutions with the tendency of the profit rate to fall. The aim is to understand the relationship between the current crisis of capitalism and technological change, focused on the digital techno-economic paradigm. Given that productivity and global economic growth have been declining for approximately two decades, an analysis is formulated that incorporates socio-institutional scaffolding, the cycle of global power, and the inherent contradictions of capitalism, which accumulates more capital than it can absorb. Thus, an interpretive vision is formed that suggests the possibility of a transition to artificial intelligence, mediated by an agreement between the two global superpowers which, if successful, will open a new chapter in human history in which society will succeed in confronting the power of capital.

*Keywords:* third industrial revolution, fifth Kondratieff, rate of profit, productivity, artificial intelligence.

## Introducción

El capitalismo, como sistema económico mundial, posee una poderosa propensión a expandirse y abarcar más países y regiones, con el desarrollo de la producción, las finanzas y el comercio. Marx y Engels en 1848 publicaron su famoso ensayo *El Manifiesto Comunista* en el que visualizaron la transformación provocada por la propagación del modo burgués de producción, que unificaría todo el planeta con sus formas civilizatorias. Hoy día esa realidad está más cerca de consumarse por medio de la producción global integrada, los flujos internacionales del capital-dinero y la formación paulatina de un ejército laboral de escala mundial. Son varios los factores que impulsan esa expansión, pero, como Marx (1946) destacó, la base es el aumento de la capacidad productiva social del trabajo, que se traduce en mejoras continuas de los métodos de producción hasta llegar a una organización cuyo núcleo es la ciencia.

Si bien Marx no usó el término de técnica o tecnología, como destaca Rosenberg (1993, capítulo 2), fue un gran estudioso de los procesos que implican mejoras en los métodos de producción, o sea, lo que hoy se define como tecnología. Ese interés lo atestigua su famoso estudio sobre maquinaria y gran industria expuesto en el primer tomo de *El capital* (Marx, 1946), en el que el mecanismo invocado para explicar la ley de la acumulación capitalista implica lo que él llamó revoluciones de valor, esto es, grandes aumentos de la productividad que reducen dramáticamente el valor unitario de las mercancías; de manera precisa definió a la productividad como el inverso del tiempo de trabajo socialmente necesario contenido en las mercancías. Para que aumente la tasa de plusvalía y se expanda la

acumulación se requiere que, dentro del tiempo de trabajo total, la parte equivalente al costo de la canasta obrera decrezca, poniendo en manos de los capitalistas la oportunidad de operar más rentablemente, aunque el aprovechamiento de esa ventaja es desigual, pues depende de la competencia entre los capitalistas por plusvalía (ganancia) extraordinaria.

El aumento de la productividad subyace en ambos procesos, por un lado, en la reducción de los costos de los bienes salario y, de otro, en los diferenciales de las capacidades productivas entre los distintos capitalistas. La teoría económica convencional no hace esa diferenciación y presenta el aumento de la productividad como un proceso que posibilita el crecimiento conjunto de la economía, lo que obnubila la adecuada comprensión de este fundamental proceso, por lo que se hace necesario subrayar el estrecho vínculo que existe entre las aplicaciones de la tecnología, la productividad, la ganancia y el crecimiento. Es en torno a esa relación que se encuentra una de las contribuciones más decisivas de Marx: la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia (Marx, 1946, tomo III, cap. XIV). Factualmente, desde fines del siglo XIX la tasa de crecimiento de la productividad muestra una tendencia descendente, interrumpida por recuperaciones que se suceden a intervalos de varias décadas. La tasa de ganancia promedio exhibe un comportamiento afín al de la productividad, es decir, descendente con recuperaciones periódicas.

Las revoluciones industriales, como grandes transformaciones de los procesos productivos a escala social, constituyen la fuerza que impulsa las recuperaciones periódicas de la productividad y, al impactar la tasa de plusvalía, actúan como una influencia contrarrestante del descenso de la

tasa media de ganancia (Marx, 1946).<sup>1</sup> Sin embargo, el efecto de la revolución industrial (RI) en la productividad no es inmediato en tanto deben transcurrir varias décadas para perfeccionar la tecnología y lograr una aplicación social efectiva. Por este motivo, aunque la nueva tecnología está presente, sus primeras repercusiones en el crecimiento son moderadas e incluso erráticas, sobre todo por la destrucción creativa que da lugar. Además, las RI, al ser procesos que tienden a extenderse por casi un siglo, se entrecruzan con los ciclos de poder global, es decir, la sucesión del conflicto y estabilidad política mundial que gira en torno al establecimiento de una potencia líder (Modelski, 1987). Así, las guerras globales interrumpen o trastocan la difusión de la RI al extender el periodo de perfeccionamiento o incluso al acortarlo.

El objetivo del presente artículo es utilizar la experiencia histórica como un espejo para analizar la acción de las fuerzas contrarrestantes que emanan de la tercera revolución industrial (III-RI). Para lo anterior es necesario primeramente conceptualizar ese cambio en la estructura de la producción para diferenciar los dos ritmos de su propagación: el de experimentación y el de rápida difusión. El concepto de destrucción creativa, o su modalidad de disrupción tecnológica, es indispensable para entender el ritmo inicialmente lento en el que se difunden los nuevos sistemas si se

<sup>1</sup> En el capítulo XIV, de la sección tercera del tomo tres de *El capital*, Marx formula seis causas contrarrestantes de la caída tendencial de la tasa de ganancia, que implican procesos que interfieren y anulan la caída de la rentabilidad: *a)* elevación del grado de explotación del trabajo; *b)* reducción del salario real por debajo del valor de la fuerza de trabajo; *c)* abaratamiento de los elementos del capital constante (en la medida en que aumenta la productividad); *d)* la sobrepoblación relativa o excedentaria del sistema productivo; *e)* el comercio exterior y; *f)* aumento del capital por acciones (Marx, 1946). Se advierte que la fuerza contrarrestante fundamental está en elevar la tasa de plusvalía o explotación, que requiere, según lo que se explica en el texto, la fuerza de la productividad.

considera, sobre todo, que cada RI se desenvuelve en el marco de crisis periódicas y de la inestabilidad creada por el pasaje del ciclo de poder global en su fase de confrontación.

La hipótesis se enmarca en la fase actual que comienza después de la década de 1970, periodo en el que se asientan las bases para el despegue de la última onda larga denominada quinto Kondratiev (Rivera *et al.*, 2023). El despliegue de la III-RI basada en la tecnología y sistemas digitales ofrece la gran promesa de la automatización y de la interconectividad, además de favorecer la recuperación de la productividad desde 1990, o sea, 40 años después de la invención del transistor y 20 años después del lanzamiento de microprocesador 4041 de Intel (Pérez, 2001 y 2014; Gordon, 2016). Pero el carácter disruptivo de la oleada de innovaciones que surgieron con fuerza en los alegres 1990, en combinación con un marco socioinstitucional (MSI) que limita su difusión productiva, provocó que la fase de experimentación se extendiera y obstaculizara la posibilidad de generar una segunda edad de oro del capitalismo. La crisis de 2008 y la confrontación iniciada por Estados Unidos contra China entorpece el paso a la automatización total, en tanto que el drástico deterioro de las condiciones laborales y salariales hace prever una catástrofe causada por el arribo de la inteligencia artificial (IA). Esta segunda disrupción, que se augura será más severa que la primera, hará que la crisis del capitalismo extienda sus implicaciones.

Para fundamentar la hipótesis, la exposición del artículo se organiza como sigue. En un primer apartado se ubican las tres revoluciones industriales que han ocurrido en el capitalismo, su ciclo de vida y su acción impulsora como fuerza contrarrestante de la caída tendencial de la tasa de ganancia en su contexto social específico. En seguida, el segundo apartado centra la atención en la etapa actual iniciada en los 1970 en la que se observa el

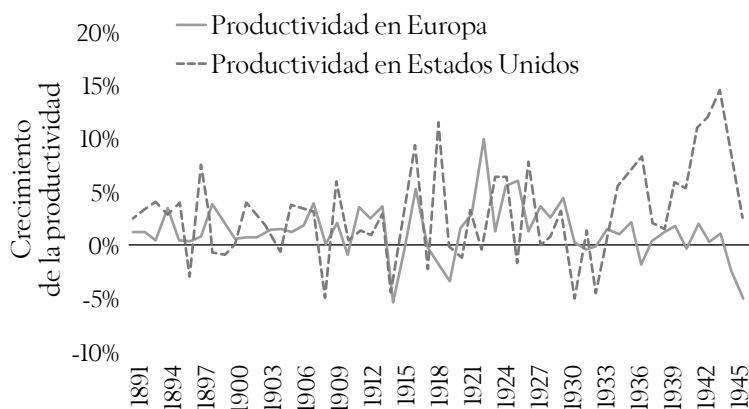
despliegue de la tercera revolución industrial, impulsora de una onda prolongada de crecimiento debilitada, pero aún vigente, en la que gravita el fin de la hegemonía estadounidense y su disputa con China. Finalmente, en el último apartado, se discuten los efectos a más largo plazo de la disrupción tecnológica que dificulta la propagación de los sistemas digitales, afecta negativamente la productividad y la rentabilidad y abre un *impasse* que lleva a primer plano la disputa por la hegemonía. Si la confrontación se diluye y se resuelve mediante la competencia, el posible tránsito a la IA será un gran logro para la humanidad.

### Revoluciones industriales y contratendencias en la caída de la ganancia media

Con el análisis del comportamiento histórico de dos variables centrales, la tasa de crecimiento de la productividad y la tasa de ganancia, se observa la corroboración de la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia formulada por Marx: una tendencia secular al estancamiento, interrumpida por repuntes específicos que marcan la acción contrarrestada derivada del mejoramiento de los sistemas de producción o aplicación de la tecnología (Marx, 1946). Las tres gráficas que se presentan a continuación cubren el comportamiento a muy largo plazo de la productividad en Estados Unidos y Europa, así como la tasa media de ganancia.

GRÁFICA 1

Crecimiento de la productividad por hora trabajada, Estados Unidos y Europa, 1891-1945 (tasas de crecimiento anual)



Fuente: elaborado con datos de Bergeaud, Cette y Lecat (2016).

Las gráficas permiten identificar los siguientes repuntes de la productividad, acompañados de recuperaciones temporales de la tasa de ganancia. Para Estados Unidos son:

*a)* Entre el fin de la Primera Guerra Mundial y la crisis de 1929, con una tasa de crecimiento anual de 2.2%.

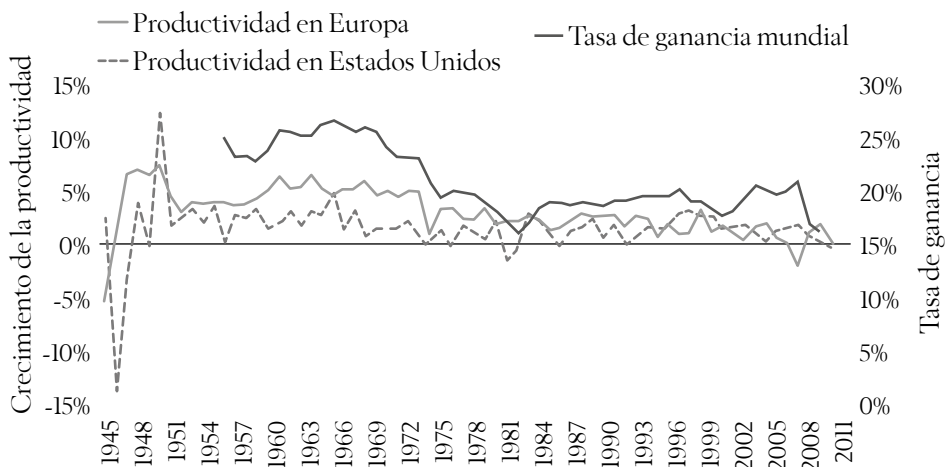
*b)* Desde la segunda posguerra hasta mediados de los 1960, con una tasa anual de 2.2% anual.

*d)* Los alegres noventa (1994-2004) cuando se despliega el paradigma tecnoeconómico de digitación-redes, con una tasa de 2.0% anual.



GRÁFICA 2

Crecimiento de la productividad del trabajo en Estados Unidos y Europa, y tasa de ganancia mundial ponderada, 1945-2012  
(tasas de crecimiento)

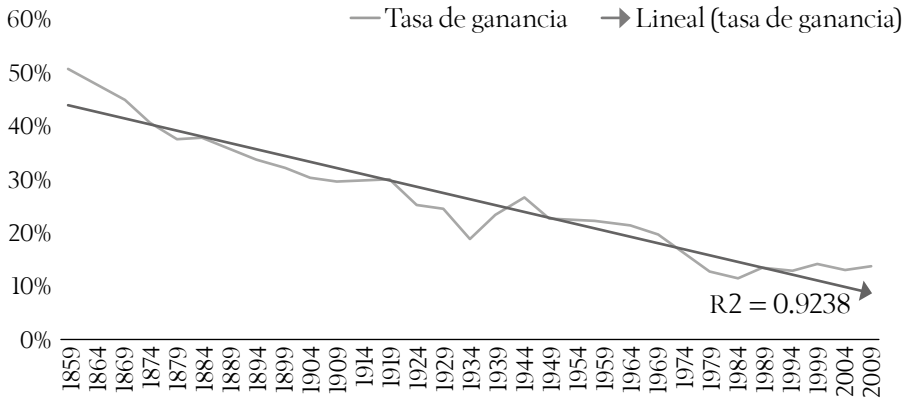


Nota: a) La productividad laboral por horas trabajadas y la tasa de ganancia mundial están ponderadas incluyendo a China; b) Maito (2013) calcula la tasa de ganancia a partir del cociente de las ganancias netas y el capital constante fijo (*stock* neto de capital reproductivo) de toda la economía, valorados a precios corrientes.

Fuente: elaborado con datos de Bergeaud, Cette y Lecat (2016).

## GRÁFICA 3

Tasa media de ganancia en países centrales,  
promedios quinquenales, 1855-2009



Fuente: elaborado con datos de Maito (2013).

Para entender esta dinámica es preciso referirse a la naturaleza de las revoluciones industriales que explica las tendencias fundamentales de comportamiento de la productividad a largo plazo. Por revolución industrial se entiende a las transformaciones epocales de los sistemas de producción basados en constelaciones de tecnologías y sistemas que sustentan cambios estructurales y nuevas dinámicas de crecimiento e imponen un nuevo sentido común o paradigma tecnoeconómico (véase Pérez, 2014). Robert Gordon (2016) identifica tres revoluciones industriales. La primera ha sido ampliamente estudiada bajo el concepto de revolución industrial inglesa (I-RI) (véase Mantoux, 1962) y se extiende entre los 1770 con la hiladora mecánica de Arkwright y la era de los ferrocarriles iniciada a fines de los 1820. Gordon (2016) centra su atención en la segunda revolución industrial (II-RI), comprendida entre los 1870 y fines de los 1960 en Estados Unidos. Esta última, advierte, conlleva el efecto de las

invenciones de finales del siglo XIX, el dinamo eléctrico y el motor de combustión interna. A su vez, la III-RI se asocia a las tecnologías de la información y la comunicación y en la actualidad está vigente.

De acuerdo con el citado autor, la II-RI tiene un ritmo de propagación distingue dos subetapas, las cuales reflejan lo que él llama un proceso de cambio intenso o experimentación (1870-1920) y luego de evolución (1920-1970). En la primera subetapa, las tecnologías que se van a aplicar a la producción proceden de distintas fuentes: el acero, el dinamo eléctrico, la química y después el motor de combustión interna; esta heterogeneidad exige paulatinas adecuaciones que, al lograrse, crean décadas después una poderosa oleada, pero en las primeras décadas el impacto en la productividad (producto por trabajador) es limitado, de 1.8% anual, mientras que en la segunda subetapa casi se duplica, para pasar a 2.4% anual.

Gordon (2016) destaca a continuación no una diferencia, sino una similitud. Al comparar las tasas anuales de crecimiento del producto por hora y por trabajador descubrió que las tasas de crecimiento del periodo 1870-1920 (primera subetapa de la II-RI) y 1970-2014 (lo que va de la III-RI) son muy similares. La explicación que apunta el autor es que el aprovechamiento de la tecnología es mayor después de 1920 porque ya pasó por un largo periodo de perfeccionamiento, de lo anterior se argumenta que existe afinidad entre el periodo de 1970-años recientes y el de 1870-1920, pues ambos son de experimentación y ajustes.

En las gráficas 1 y 2 se aprecia que el repunte de la productividad, que ocurre en los 1920 y después entre fines de los 1940 y fines de los 1960, corresponde a la segunda subetapa de la II-RI, o sea, la subetapa de aceleración de la productividad. A su vez, el repunte de los 1990 que queda trunco es parte de la primera subetapa de la III-RI, por ello es más débil.

Tomando en consideración esos patrones de desempeño, Paul David (2000) propuso la hipótesis de que la sucesión de los dos ritmos de propagación de la RI debe interpretarse de acuerdo con la teoría del ciclo de vida de tecnología y producto. En respuesta a Robert Solow, David hizo la observación de que transcurrieron cuatro décadas entre la apertura de la primera central eléctrica de Thomas Edison en 1882 y la generalización de la maquinaria eléctrica a partir de los 1920, que favoreció la aceleración de la tasa de crecimiento de la productividad (David, 2000). Así, a partir de 1920 comenzaría la subetapa de evolución, que, gracias al referido comportamiento de la productividad, se caracteriza por ritmos más altos de crecimiento económico. Esa continuidad se rompió por la Gran Depresión de 1930 y luego la Segunda Guerra Mundial; después de las referidas perturbaciones el auge económico reapareció hacia fines de los 1940, se gozó del beneficio del perfeccionamiento de la producción fordista de masas logrado durante la Segunda Guerra Mundial (Womack, *et al.*, 1992). Allí radicó el sustento de la edad de oro.

David (2000) subraya que por necesidad la III-RI debe pasar por un periodo de experimentación y de sucesivas rectificaciones que le dan particular fuerza a la destrucción creativa, lo que crea un paralelismo entre el dinamo eléctrico y la computadora. Considerando la intuición de David como una heurística se llega a la conclusión de que se postergó el pasaje a la segunda subetapa, posiblemente hasta después de la década del 2020. Pero lo decisivo no es el mero factor tecnológico, sino el socioinstitucional y el curso de la lucha global por la hegemonía.

En el plano tecnoproductivo la acción de las revoluciones industriales, como fuerzas contrarrestantes, no es uniforme a lo largo de su vigencia. Su fuerza es débil en la subetapa de experimentación, en la que aún nos

encontramos. La clave de esa extensión se debe, en gran parte, a los efectos de la disrupción digital.

### La segunda revolución industrial y la onda larga iniciada en los 1980 (quinto Kondratiev)

Como se detalló en el apartado anterior, en la década de 1970 emergió la III-RI. La base de esa transformación son la tecnología y los sistemas digitales. Partiendo de la periodización propuesta por Gordon (2016), se aplicará el enfoque ya citado de David a fin de caracterizar la dinámica de la primera subetapa de la III-RI. Complementariamente, con el propósito de especificar el punto de partida, se recurrirá al concepto de instalación del paradigma tecnoeconómico propuesto por Pérez (2001 y 2004). La instalación y despegue de la III-RI tiene lugar en el periodo comprendido entre el lanzamiento del microprocesador en 1971, hasta la aparición de la computadora personal (PC) de IBM en 1982 (Rivera *et al.*, 2023).

Desde luego, la instalación se ve precedida por un largo periodo preparatorio que inicia con la invención del transistor en 1944 (Castells, 2002). Es la era de la microelectrónica que se articula en torno a la integración de miles y luego millones de transistores para dar lugar a semiconductores más poderosos y baratos, siguiendo las pautas de la ley de Moore.<sup>2</sup> Los avances en

<sup>2</sup> La ley de Moore es una noción que estipula que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores por microprocesador y se reduce su costo a la mitad. Gracias a ello, un microchip actual, por más austero que sea, tiene un rendimiento cientos de veces mayor que cualquier supercomputadora de 1970, mientras el precio de la computación representa unas cien millonésimas partes de lo que era para esa misma década (*The Economist*, 12 de septiembre de 2019).

computación, en los que hay que incluir a la máquina copidora y el cajero automático, desembocan su aplicación a tareas rutinarias en bancos, aerolíneas, aseguradoras y compañías telefónicas (Gordon, 2016). Dentro de las fábricas, la maquinaria de control numérico, que representa un híbrido entre los sistemas electromecánicos y los electrónicos, se abre camino en los 1960.

GRÁFICA 4

Quinto Kondratiev: bases tecnológicas y socioinstitucionales

La quinta onda larga de crecimiento

Se basa en la tercera revolución industrial: instalación y difusión de la tecnología digital en la producción y la interacción social

MSI neoliberal: desequilibrio en las relaciones capital-trabajo



Fuente: elaborado con base en Rivera *et al.* (2023).

La PC, apoyada por paquetes de *software*, llevó a la computación a nuevos terrenos en la industria y los servicios, gracias a lo cual comenzó a recuperarse

la productividad. Esa recuperación se consolida en los felices 1990 con las mejoras de diseño en semiconductores, el lanzamiento al mercado de la WWW, la aplicación generalizada de los sistemas de cómputo en la manufactura (*computer assisted design* y el *computer assisted manufacturing*), el control electrónico de inventarios y los servicios en general entre clientes y proveedores. Así, la tecnología digital transformó el comercio y dio lugar a escala global a las redes de producción, que extendieron el desplazamiento manufacturero a Asia y otros países en vías de desarrollo.

Pese a su enorme potencialidad, esta primera oleada de innovación chocó con dos contratendencias que forman parte de un proceso más amplio estudiado bajo el concepto de desacople<sup>3</sup> entre el paradigma tecnoeconómico digital y el marco socioinstitucional de base neoliberal (Rivera *et al.*, 2023). La primera contratendencia, previsible, fue la disrupción digital, o sea la forma específica de destrucción creativa provocada por las TIC, la cual se volvió más drástica debido a dos factores. De un lado, la WWW y la rápida sucesión de innovaciones en telecomunicaciones determinaron que las aplicaciones se orientaran en una nueva dirección basada en la interconectividad, dispositivos móviles, el *big data* y el *analytics*, moviendo aceleradamente la frontera de práctica óptima (McKinsey Global Institute, 2018). Lo anterior redefinió el nuevo sentido común, lo que dificultó la digitación de la empresa promedio, cuyos gerentes luchaban por descifrar los giros del nuevo paradigma. De otra parte, los primeros en llegar (*first movers*), o sea, las nuevas empresas que tomaron la vanguardia en adopción

<sup>3</sup> Las reformas socioinstitucionales de la década de 1970 y 1980 crearon un tipo sui generis de normas, leyes, regulaciones que dificultan la difusión del paradigma tecnoeconómico digital, al anular la política social para recalificar a los trabajadores y desregular la competencia en la industria y las finanzas, favoreciendo la concentración económica.

de los nuevos sistemas, empezaron «a cerrar la puerta después de entrar», por lo que elevaron las barreras a las demás empresas que trataban de digitalizarse rentablemente (McKinsey Global Institute, 2015).

En función de lo anterior, la parte mayoritaria de los mercados quedó en manos de un oligopolio que concentra desproporcionadamente las ganancias y redefine a su beneficio los nuevos sectores. Esa estrategia tiene fuertes implicaciones anticompetitivas, pero el *big tech*, o sea el núcleo de los grandes ganadores, ha escapado a la regulación antimonopólica que además es enteramente obsoleta (Khan, 2017). A escala social, el resultado ha sido la ampliación de la brecha entre los agentes punteros y el resto de la economía, lo que contribuye a hacer más lenta la difusión tecnológica, sobre todo en Estados Unidos y Europa, donde existe un bajo umbral de digitación (McKinsey Global Institute, 2015). Así, la subetapa de experimentación se ha alargado con implicaciones adversas en la productividad y el crecimiento.

La creciente plétora de capital que se observa desde los 1980, la otra contratendencia, empeora las cosas al alimentar la financiarización de la economía. Ese capital excedentario se alimentó del extraordinario abaratamiento de los bienes de capital computarizados junto con la reducción de costos logrados por la organización de la producción en cadenas globales, que en conjunto dieron lugar a un capital excedente que no lograba colocación rentable en la industria, por lo que se desvió a los mercados financieros. Ahí se creó capital adicional por medio del sistema bancario gracias a la emisión de acciones, bonos y derivados, situación que potenció la hiperactividad del capital-dinero (Rivera *et al.*, 2023; Chesnais, 2016). En los 1990 la plétora de capital tuvo un efecto positivo transitorio, pues alimentó las IPO de las empresas *puntocom*, pero a la larga contribuyó a la



crisis financiera de 2008 e incidió desfavorablemente en el desempeño de la productividad. Aunque la intervención de los bancos centrales como prestamistas de última instancia (PUI) evitaron una depresión de grandes proporciones, la solución de fondo a los problemas que causaron las crisis siguen sin concretarse.

Como se sabe, la demanda de bienes y servicios, el empleo y los ingresos colapsaron con la crisis. Después de 2011 hubo cierta recuperación, pero diversos procesos adversos quedaron asentados: el peso persistente de la deuda, la incertidumbre que lastra la demanda, el exceso crónico de capacidad en sectores claves y, desde luego, la creciente desigualdad alimentada por el auge del capital ficticio. Todo lo anterior tiene su contrapeso en el subsidio perenne o rescates a perpetuidad que el PUI brinda al gran capital desde hace ya más de tres lustros.

La República Popular de China se ha visto arrastrada a ese torbellino, por cuanto su integración a la economía global fue profunda. Cabe destacar que China no actuó pasivamente, ya que su transformación en potencia industrial fue uno de los pilares de la expansión verificada en el quinto Kondratiev, pero en ese proceso contribuyó y padeció los efectos de la sobreproducción y el exceso de capital; no obstante, su papel tiene otra dimensión pues por su poderío puede ser la clave para una solución, no para el capital, sino para la humanidad. Se hará referencia a esa situación al final de este artículo.

## La gestión capitalista del cambio tecnológico tras la crisis de 2008

Como se ha argumentado, durante los 1990 se produjo una primera oleada de innovaciones con efectos positivos en la productividad y el crecimiento, pero el cambio de orientación en las aplicaciones favoreció la disrupción digital. Luego, los *first movers* amplificaron el efecto de la destrucción creativa en la medida en que el nuevo valor creado es proporcionalmente menor al valor destruido en la competencia (McKinsey, 2015). En consecuencia, la tasa de crecimiento de la productividad ha ido nuevamente a la baja (gráfica 2).

La línea de recuperación está en lo que se denomina el segundo nivel de digitación, es decir, la automatización total de la tecnología digital, comúnmente ubicada como inteligencia artificial (IA). Teóricamente este pasaje despejaría el terreno para una etapa de alto crecimiento económico, sin embargo, aunque las condiciones meramente tecnológicas están dadas, los obstáculos sociales e institucionales son formidables, lo que limita las fuerzas contrarrestantes del descenso de la tasa media de ganancia. Como se ha anticipado, ese pasaje se da en una economía mundial que no ha digerido la sobreproducción y el exceso de capital, de modo que queda relativamente limitado el espacio para lanzar productos y servicios radicalmente nuevos que eleven la productividad y superen el estancamiento vigente. Es claro, entonces, que la gestión del cambio tecnológico refleja las contradicciones del capitalismo.

Como explica Kai-Fu Lee (2018), para recrear la inteligencia en una máquina se siguieron dos enfoques o estrategias: el primero, el de sistemas simbólicos o sistemas expertos, orientado a la IA genérica; el de

las redes neuronales o IA específica. El enfoque de los sistemas expertos, que declinó, consiste en tratar de enseñar a la computadora a pensar por medio de la inserción de una serie de reglas lógicas, del tipo «luego entonces». El otro campo, el de las redes neuronales, consiste en reconstruir el cerebro humano, replicando las conexiones neuronales que reciben y transmiten información. En lugar de dar reglas a las redes, se les alimenta con innumerables ejemplos de determinado fenómeno para que identifiquen un patrón, ese patrón es en principio muy sencillo, de sí o no. Para funciones complejas, como el reconocimiento de voz y de objetos, se pasó a la multiplicidad de capas de neuronas o *deep learning* (Lee, 2018).

Desde mediados del 2000 confluyeron dos procesos, resultado de los grandes avances de los 1990: *a)* la disponibilidad de semiconductores que elevaron el poder de cómputo en escala exponencial y a precios decrecientes y; *b)* el internet y los ecosistemas digitales que dieron paso a *big data*. Ambos alimentan el entrenamiento de las redes neuronales, lo que da paso a la IA específica (Lee, 2018).

Gracias a lo anterior, entre 2010 y la actualidad se han realizado pasmosos avances en el diseño y fabricación de semiconductores específicos para la IA. El proceso no se verifica en cadenas abiertas, como en el caso de los semiconductores ordinarios para la industria automotriz, de máquinas herramientas, etcétera, sino como explica Miller (2022) se trata de cadenas regionales cerradas, que inclusive excluyen a China de manera indirecta. Los participantes son Estados Unidos y sus principales aliados, entre los que destacan Holanda, Alemania, Japón, Taiwán y Corea del Sur. El complejo de ciencia y tecnología articulado para ese fin se basa en una fusión entre las principales universidades y corporaciones estadounidenses y sus aliados. La clave está en una herramienta especial para litografía ultravioleta. De

acuerdo con el referido autor, esa herramienta es la más compleja producida hasta la actualidad, compuesta por miles de componentes que tardan varias décadas para desarrollarse; utiliza *software* avanzado para mantenimiento y reparación, así como una fuerza laboral que requiere capacitación de por vida (Miller, 2022).

Como explica el citado autor, el proceso consiste en una máscara que selecciona las ondas de luz; posteriormente, los proyecta en químicos fotorresistores que tienen una base de silicio llamada *wafers* u oblea. La impresión se efectúa en espacios de varios centenares de nanómetros y el principal problema es la producción de suficiente luz ultravioleta. Con el propósito de solucionar esto se usó un método basado en pequeñas esferas de estaño, capaces de generar 5 mil haces por segundo, con la ayuda de un nuevo tipo de láser para corte de precisión. Se trata de un láser de dióxido de carbono que tiene casi medio millón de componentes. Su funcionamiento requiere una cantidad inmensa de calor, para lo cual interviene la única empresa alemana que fabrica imanes especiales. Cada paso requiere subsiguientes innovaciones, como gases especiales y espejos (Miller, 2022).

Con estos avances, en la segunda década del siglo XXI se pudo crear el primer gran robot con los atributos de un sistema autónomo, en el cual confluyeron los avances logrados en tareas específicas de voz e imagen. Comercialmente ya es viable el automóvil sin conductor, capaz de efectuar reconocimiento de entorno, acatamiento de instrucciones verbales o escritas y tomar decisiones propias, ligado a gigantes bases de datos y geoposicionamiento. Queda así, al alcance de la mano, la automatización total mediante una constelación de aplicaciones basadas en la IA específica.

Para remontar el formidable obstáculo que implica la persistencia del exceso de capital y el espectro de una catástrofe social por el desempleo

tecnológico se requiere, como sugiere Lee (2018, cap. 9), un entendimiento entre las dos superpotencias, China y Estados Unidos. Cabe resaltar que ambas forjaron antes de 2017 una codependencia como consecuencia del carácter de las cadenas globales de valor y su entrelazamiento con las redes regionales centradas en la Gran China, que determinaron la producción conjunta, el conocimiento tecnológico compartido y los mercados globales de tecnología (Rivera y García, 2022). Tal acuerdo retomaría el camino previo y sería la base de un nuevo orden mundial. Por desgracia, la competencia se ha convertido en confrontación y rivalidad, y amenaza con destruir el sistema mundial, ya que en Estados Unidos prevalece la noción de supremacía militar. En ese contexto, la noción popular es que la IA crearía una catástrofe social. Esa posibilidad desde luego existe, pero el control social del proceso abriría un caudal de beneficios para la humanidad.

## Conclusiones

Desde finales del siglo XIX hasta la actualidad la tasa de crecimiento de la productividad ha seguido una tendencia a la baja, interrumpida por recuperaciones periódicas de las cuales las más importantes fueron la de los 1920, que sustentó la edad de oro (fines de los 1940 y década de 1950) y finalmente la de los 1990. El comportamiento de la tasa de ganancia sigue aproximadamente el mismo patrón, lo cual corrobora la ley de la tendencia descendente de la tasa de ganancia y la acción de las fuerzas contrarrestantes formulada por Marx. Al interior de las revoluciones industriales se gestan los procesos de recuperación de la productividad y por ende de la tasa de plusvalía. Conforme a ese planteamiento cabría esperar que la tercera

revolución industrial instalada en los 1970 tuviera un efecto contundente en la productividad y diera durabilidad a los efectos virtuosos de la transformación de los sistemas de producción.

Lamentablemente no es así. De acuerdo con Robert Gordon y Paul David, es preciso distinguir dos subetapas en el desenvolvimiento de las revoluciones industriales; la primera, llamada de experimentación, tiene un efecto limitado en la productividad, ya que la tecnología está en proceso de perfeccionamiento e implica usualmente costosos esfuerzos; es hasta la segunda subetapa en la que se domina la tecnología y el efecto en la productividad es sustancial y prolongado. La primera subetapa de la tercera revolución industrial comenzó en los 1980 al llevar el enorme potencial de las tecnologías digitales y provocar una primera oleada de innovaciones. Sin embargo, debido a la naturaleza de los procesos que sustentan el quinto Kondratiev, la destrucción creativa se exacerbó y la inestabilidad cíclica causada por el creciente exceso de capital agotaron prematuramente ese impulso, postergando el pasaje a la segunda subetapa.

La crisis de 2008 y la confrontación iniciada por Estados Unidos contra China dificultaron el pasaje a la automatización total o IA al imponer una visión militarista al desarrollo de los semiconductores específicos cruciales para impulsar ese nuevo macrosistema. El deterioro de las condiciones laborales y salariales ocurrido desde la crisis financiera hace prever una catástrofe social causada por el arribo de la IA. Queda así perfilada una segunda disrupción tecnológica, más severa que la primera, que incluso hará que la crisis del capitalismo extienda sus implicaciones. Ese escenario catastrofista podría evitarse si hubiera un entendimiento entre las dos superpotencias, sin embargo, ese entendimiento difícilmente será una solución para el capital, aunque sí podría convertirse en una solución para la humanidad.

## Referencias

- Bergeaud, A.G. y Lecat, R. (2016). *Productivity trends in advance countries between 1890 y 2012*. McKinsey Global Institute Analysis.
- Castells, M. (2002). *La era de la información*. México: Siglo XXI.
- Chesnais, F. (2016). *Finance capital today. Corporation and banks in the lasting global slump*. Leiden: Brill.
- Gordon, R. (2016). *The rise and the fall of America growth. The U.S. standard of living since the Civil War*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Khan, L. (2017). «Amazon's antitrust paradox». *The Yale Law Journal*, 126(3), pp. 710-805. Recuperado de <https://www.yalelawjournal.org/note/amazons-antitrust-paradox>
- Lee, K.F. (2018). *Superpotencias de la inteligencia artificial. China, Silicon Valley y el nuevo orden mundial*. Madrid: Deusto.
- Maito, E. (2014). *The historical trascience of capital: the downward trend in the rate of profit since XIX Century*. Munich: Personal RePEc Archives Paper (55894).
- Mantoux, P. (1973). *La revolución industrial del siglo XVIII*. Madrid: Aguilar.
- Marx, K. (1946). *El capital*. México: Fondo de Cultura Económica.
- McKinsey Global Institute (mayo de 2013). *Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and global economy*.
- McKinsey Global Institute (febrero de 2015). *Digital America: a tale of the haves and haves more*.
- McKinsey Global Institute (febrero de 2018). *Solving the productivity puzzle. The role of demand*.
- Miller, C. (2022). *Chip war. The fight for the World's most critical technology*. Nueva York: Scribner

- Modelski, G. (1987). *Long cycles in World politics*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Pérez, C. (diciembre de 2001). «Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil». *Revista de la CEPAL* (75).
- Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI.
- Rivera, M.A. y García, J. (2021). «Tecnología, industria y mercados en la confrontación Estados Unidos-República Popular China». *Investigación Económica*, 80(318), pp. 126-148. DOI: <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2021.318.79985>
- Rivera, M.A., Araujo, O.D., García, J. y Lujano, J.B. (2023). *El capitalismo del quinto Kondratiev. Acumulación de capital, tecnología y procesos socioinstitucionales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rosenberg, N. (1993). *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*. Barcelona: La Llar del Llibre.
- The Economist* (12 de septiembre de 2019). «Drastic falls in cost are powering another computer revolution». Recuperado de <https://www.economist.com/technology-quarterly/2019/09/12/drastic-falls-in-cost-are-powering-another-computer-revolution>
- Womack, J. et al. (1992). *La máquina que cambió al mundo*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional