



Una aproximación al estudio conceptual de la inteligencia artificial como paradigma tecnoeconómico de la era digital

Enrique Sánchez¹

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial representa, además del desafío más significativo que enfrenta la sociedad red en la era digital, el paradigma tecnoeconómico de mayor impacto del siglo XXI. Tales características, producto de su sólida formulación teórica, exceden las de una técnica empleada solo para fomentar el crecimiento exponencial de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Por lo tanto, es evidente su influencia ontológica y epistemológica en todas las ramas del quehacer intelectual humano.

Delimitada la trascendencia de la inteligencia artificial, aproximarse a su formulación conceptual exige partir del análisis del cambio experimentado por ciertas nociones fundamentales, así también de las relaciones laborales, económicas y tecnológicas que identifican la sociedad en la cual ella se despliega para determinar su condición de paradigma tecnoeconómico.

1. Era digital y nuevas nociones de información, máquina y mecanización.

Consustancial a la irrefrenable continuidad de los acontecimientos históricos, resulta por demás difícil y tal vez contraproducente estudiarlos empleando un método riguroso e inflexible, cuya adaptación a la realidad sea absolutamente fidedigna. Sin embargo, al menos existe relativo consenso dentro de la comunidad científica ocupada en investigar la Historia con relación a comprender por “era” un extenso periodo de años caracterizado por exhibir formas de vida y cultura innovadoras (comenzando a partir de un momento fijo o desde la fecha determinada de uno o varios sucesos), por lo general, comienza a partir de un momento fijo o desde la fecha determinada de uno o varios sucesos.

En este contexto, debido a cuatro sucesos en extremo relevantes, regidos por leyes, teorías y teoremas de los dígitos binarios, las investigaciones sobre cibernética y los estudios relativos a la ciencia de la computación, puede ser determinado el verdadero inicio de la era digital.

El primero ocurrió en el año 1948, al publicarse el trabajo de Claude E. Shannon² titulado “Una teoría matemática de la comunicación³”, el cual probó originalmente que la información contenida en telégrafos eléctricos, teléfonos, radios, televisores y voces, puede medirse teniendo como patrón referencial canales de comunicación similares para

¹ Doctor en Ciencias mención Derecho por la UCV. Especialista en derecho internacional económico. Exprofesor de pre y posgrado de la UCV. Exinvestigador del CIPOST. Miembro del HUB de Singularity University. Director de Investigación Legal en Derecho Digital e Inteligencia Artificial en GLINCO.

² Por demás destacado alumno de Norbert Wiener.

³ Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. USA. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27.

estipular la velocidad máxima de transferencia o capacidad del canal. Basada en logaritmos binarios, esta teoría también demostró que la información es transmisible por un canal solamente si la magnitud de la fuente de información no excede la capacidad del canal por medio del cual es conducida; principio desde el cual se crearon equipos para corregir errores, suprimir ruidos y eliminar redundancias.

El segundo suceso constitutivo de la era digital está en las conclusiones que arrojaron varios años de investigaciones encabezadas por Norbert Wiener, cristalizadas en su conocida obra “Cibernética o el control y la comunicación en el animal y en la máquina”, publicada en 1948. En este trabajo, Wiener formuló los fundamentos de una ciencia cuyo objeto está comprendido por cualquier sistema, animal o artificial, configurado por funciones de regulación y control, estableciendo además aquellas leyes que las gobiernan. Contiene este libro conceptos cibernéticos elementales como: “máquina”, “recursión”, “insumos”, “retroalimentación”, “estabilidad”, “caja negra” e “isomorfismos”.

El tercer evento, y no menos importante, está en la labor tanto teórica como práctica de Alan Turing, quien formuló junto a Norberto Wiener el concepto de interfaz. Sin embargo, sus esfuerzos más valiosos en lo que respecta a la conformación de la era digital estuvieron dirigidos al fortalecimiento de las bases teóricas necesarias para configurar la ciencia de la computación. Así Turing publicó en 1936, un estudio⁴ denominado “Los números computables⁵” con la finalidad de proponer la teoría lógico-matemática para solucionar el “problema de decisión⁶”. La misma fue comprobada a través de una máquina virtual con atributos computacionales, capaz de resolver cualquier problema matemático expresado en forma algorítmica.

Posteriormente, Turing comenzó a diseñar el *Automatic Computing Engine* (ACE), proyecto dirigido a implementar en los circuitos electrónicos funciones aritméticas computacionales, basándose en los referidos trabajos de Shanon y Wiener. A partir de este momento, preparó sus primeros escritos sobre inteligencia artificial, los cuales sirvieron de soporte para elaborar en 1950 el artículo “Maquinaria computacional e inteligencia⁷”, en el que preguntó si pueden las máquinas pensar y expuso la importancia de reconfigurar las capacidades y atributos de los sistemas digitales, programando funciones avanzadas que habiliten a las máquinas virtuales para manipular y reescribir dígitos binarios mediante simples reglas algorítmicas.

⁴ El cual fue publicado de nuevo en 1937 con algunas modificaciones.

⁵ El nombre completo de la obra es “Sobre los números computables, con aplicación al problema decisional”, siendo su finalidad formular los fundamentos de la denominada “máquina de Turing”.

⁶ Denominado en alemán como *Entscheidungsproblem*, este problema fue planteado en el siglo XVII por G.W. Leibniz, luego de construir su máquina mecánica de cálculo.

⁷ Vid. Turing, A. M. (1950). *Computing Machinery and Intelligence. Mind a Quarterly Review of Psychology and Philosophy*, Vol. LIX. n.º 236.

Finalmente, en septiembre de 1948 ocurrió el cuarto de los acontecimientos generadores del inicio de la era digital con la celebración del Simposio Hixon sobre Mecanismos Cerebrales de la Conducta⁸ en la sede del instituto de tecnología Caltech, ubicado en la ciudad de Pasadena, California. Tal evento tuvo como temas fundamentales el análisis del control de la conducta a través del sistema nervioso y la comparación funcional entre cerebro y computadoras. A este asistieron destacadas figuras del acontecer científico, tales como Warren McCulloch, John von Neumann y Karl Lashley.

Los resultados más relevantes de esta conferencia están concentrados en muchos de sus papeles de trabajo, discusiones, reflexiones y conclusiones, los cuales prepararon el camino a tres encuentros que lanzaron oficialmente a la *inteligencia artificial* como campo de investigación científica.

El primero, efectuado en el año 1955 en la ciudad de Los Ángeles, consistió en una “sesión de máquinas de aprendizaje” llevada a cabo dentro de la Conferencia Conjunta del Oeste sobre Computación. El segundo, conocido como “Proyecto de Investigación de Verano sobre Inteligencia Artificial” fue realizado en 1956 dentro de las instalaciones del Dartmouth College de New Hampshire. El tercer encuentro, acerca de temas relativos a la “mecanización del proceso de pensamiento” se produjo en 1958 bajo el patrocinio especial del Laboratorio Nacional de Física del Reino Unido.

Como puede observarse, la era digital no solo viene determinada al confluir varios acontecimientos una vez culminada la Segunda Guerra Mundial, sino también por redefinirse en forma casi simultánea los significados que tenían las nociones de información, máquina, mecanización y su relación con el funcionamiento neuronal del cerebro humano.

2. Caracterización general de la sociedad red

Con la finalidad de caracterizar la sociedad red son absolutamente valiosos del profesor Manuel Castells. En este sentido, su descripción relativa a este nuevo tipo de sociedad está fundamentada en la interacción existente entre sus estructuras sociales y económicas emergentes, pero, además, regida por el nuevo paradigma tecnológico del tratamiento digital de la información.

De este modo, pone especial énfasis en la interdependencia, reconfigurada e intensificada durante el siglo XXI, entre las relaciones económicas –factor capital–, laborales –factor trabajo– y culturales –factor tecnológico–. Sin embargo, al analizar tal entramado define a la “red” dentro del campo de la organización social⁹ como “un conjunto de nodos interconectados. Un nodo es el punto en el que una curva se intersecta a sí misma¹⁰”.

⁸ Vid. Nilsson, N. J. (2010). *The Quest for Artificial Intelligence. A History of Ideas and Achievements*. Versión digital publicada en: <http://www.cambridge.org/us/0521122937>, p. 73.

⁹ Vid. Castells, M. (1998). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1. La sociedad red*. Alianza Editorial, ps. 505-514.

¹⁰ *Ibidem*.

Esta red por naturaleza conforma una estructura abierta, dinámica y proclive a innovarse constantemente sin perder estabilidad, además expansible ilimitadamente adhiriendo nuevos nodos bajo la condición de comunicarse con los antes integrados; para lo que resulta indispensable compartan códigos, como valores y metas. Dadas estas características esenciales, la red constituye un instrumento ideal para una economía capitalista:

basada en la innovación, la globalización y la concentración descentralizada; para el trabajo, los trabajadores y las empresas que se basan en la flexibilidad y la adaptabilidad; para una cultura de deconstrucción y reconstrucción incesantes; para una política encaminada al procesamiento inmediato de nuevos valores y opiniones públicas; y para una organización social que pretende superar el espacio y aniquilar el tiempo¹¹.

De conformidad con lo expuesto, todo indica una estrecha vinculación entre el desarrollo social y los avances de las TIC, creando una nueva base material que durante el transcurrir del presente siglo abarcará toda la estructura social y ejercerá una influencia determinante sobre todos los procesos sociales.

En consonancia, las nuevas relaciones económicas están organizándose bajo el esquema ofrecido por las redes globales de capital, gestión e información, cuyo acceso y dominio del conocimiento tecnológico representa el pilar de la productividad y competencia de las empresas.

Respecto a las relaciones laborales, los procesos de producción de bienes o prestación de servicios continuamente adquieren una configuración más individualizada debido a estar desagregados en diferentes emplazamientos geográficos, pero interconectados a través de redes informáticas, lo que crea una nueva división del trabajo atendiendo más a los atributos y capacidades de cada trabajador, que a la organización de sus respectivas funciones¹².

Al profundizar su análisis Castells confirma que, no obstante el alcance de todos estos cambios, por ahora la sociedad red obedece a relaciones económicas capitalistas, y resalta cómo por primera vez en la Historia el modo de producción capitalista determina las relaciones sociales del planeta entero. Sin embargo, atestigua la existencia de un capitalismo caracterizado por dos rasgos fundamentales, a saber, tanto su expansión global como su desplazamiento constante a través de una inconmensurable red de flujos financieros; lo que visto así no representaría algo novedoso, excepto por el papel medular atribuido al factor tecnológico, circunstancia que no pasa desapercibida para el propio Castells quien anuncia:

aunque el capital financiero ha solido estar entre las fracciones de capital dominantes, estamos presenciando el surgimiento de algo diferente: la acumulación de capital se efectúa y su creación de valor se genera, cada vez más, en los mercados financieros globales establecidos por las redes de información en el espacio atemporal de los flujos financieros¹³.

¹¹ *Ibidem*, p. 506.

¹² *Cfr. Ibidem*, ps. 507- 508.

¹³ *Ibidem*, p. 509.

Finalmente, un adecuado análisis crítico de estas relaciones laborales, económicas y tecnológicas, conduce a examinar la estratificación social en la cual son materializadas, es decir, cuáles clases sociales las practican, haciendo un importante ejercicio heurístico:

Algunos actores del vértice de este sistema capitalista global son, en efecto, gestores, como en el caso de las grandes compañías japonesas. Otros aún podrían identificarse en la categoría tradicional de burguesía, como en las redes empresariales chinas de ultramar, que tienen conexiones culturales, suelen presentar relaciones familiares o personales, comparten valores y, a veces, conexiones políticas. En los Estados Unidos, una mezcla de capas históricas proporciona como personajes capitalistas una diversidad abigarrada de banqueros tradicionales, especuladores nuevos ricos, genios por esfuerzo propio convertidos en empresarios, magnates globales y gestores de multinacionales. En otros casos, las corporaciones públicas (como la banca o las firmas electrónicas francesas) son los actores capitalistas. En Rusia, los sobrevivientes de la *nomenklatura* comunista compiten con los feroces jóvenes capitalistas en el reciclado de la propiedad estatal para constituir la provincia capitalista más reciente. Y, en todo el mundo, el blanqueo del dinero de negocios delictivos diversos fluye hacia la madre de todas las acumulaciones que es la red financiera global. Así que todos ellos son capitalistas y presiden toda clase de economías, y las vidas de la gente. ¿Pero hay una clase capitalista? Desde el punto de vista sociológico y económico, no existe una clase capitalista global. Pero sí una red de capital global e integrada, cuyos movimientos y lógica variable determinan en última instancia las economías e influyen en las sociedades. Así pues, sobre una diversidad de capitalistas y grupos capitalistas de carne y hueso, hay un capitalista colectivo sin rostro, compuesto por los flujos financieros que dirigen las redes electrónicas¹⁴.

Ante un sistema productivo con geografía variable e inclusive inestable, en el que intervienen equipos de trabajo multidisciplinarios, interconexiones electrónicas mundiales, plataformas *outsourcing* y también una infinidad de subcontrataciones, puede avizorarse la extrema dificultad que implica anticipar una organización rígidamente dispuesta en forma vertical y por ende clases sociales perfectamente definidas; dificultad ocasionada además al no poder reconocerse a plenitud quiénes son propietarios, quiénes productores, quiénes gestores y quiénes trabajadores.

Vista tal cuota de incertidumbre al menos parece predecible que las relaciones laborales, económicas y tecnológicas –individual y colectivamente– producidas como consecuencia de la evolución de la sociedad red dentro del particular contexto de la era digital globalizada, tienden a distanciarse cada vez más de las establecidas durante el siglo XX.

3. Determinación de los paradigmas tecnoeconómicos de la era digital

Delimitada la era digital y algunas particularidades atribuibles a las tres relaciones constitutivas de la sociedad red, deben examinarse las bases conceptuales de los paradigmas tecnoeconómicos.

Para lograrlo es indispensable esclarecer el significado de la expresión paradigma tecnoeconómico, con atención a su alcance dentro de la obra *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*¹⁵, realizada por la reconocida profesora venezolana Carlota Pérez. Sin embargo, comprender a

¹⁴ *Ibidem*, p. 513.

¹⁵ Título original: *Technological revolutions and financial capital*. Traducción: Nydia Ruiz. Editor digital: polarin ePub base r1.2. Año 2003, en www.lectulandia.com No obstante, en la nota [7] de este libro se lee: “Pérez (1985), Freeman y Pérez (1988). El término ‘paradigma tecnológico’ como analogía kuhniiana en el área del cambio técnico, fue usado por primera vez por Giovanni Dosi (1982) para referirse a la lógica conductora de la trayectoria de tecnologías, productos e industrias individuales. La autora (Pérez 1985) propuso usar el concepto con un sentido tecno económico y organizacional más incluyente, para representar una

cabalidad esta expresión conduce a ubicar su contexto de adscripción, y asociarla con los conceptos de *revolución tecnológica y oleada de desarrollo*.

Respecto al contexto de adscripción, *paradigma tecnoeconómico* constituye una noción clave para la explicación del modelo de interpretación histórica de los ciclos económicos capitalistas, que busca describir la profesora Pérez a través de su libro al profundizar los resultados de una investigación anterior expuestos en “Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social system”, artículo de su autoría publicado en 1983.

El objetivo de este ensayo se encuentra, primordialmente, en la proposición de hipótesis acerca de algunas interrelaciones que existen entre la difusión de nuevas tecnologías y el desarrollo económico. Para esto su autora integró, de forma inédita, los estudios realizados por los economistas Nikolai Kondratieff sobre “los grandes ciclos de la vida económica”, y Joseph Schumpeter con relación al “papel de la innovación en la generación del comportamiento cíclico de la economía capitalista”.

La trascendencia de este artículo estriba en tres razones fundamentales. La primera fue demostrar la dualidad de los grandes cambios económicos, dado que generan el crecimiento extraordinariamente rápido de nuevas industrias cuyos procesos productivos nacieron adaptados a innovaciones disruptivas¹⁶; así como rejuvenecer viejas industrias atrasadas por falta de tal adaptación, obligadas entonces a renovar su organización y gerencia.

La segunda estuvo en identificar que, la transición de cualquier *paradigma tecnoeconómico* a “metaparadigma”, supone una amplia utilización de nuevos insumos a bajo costo, por tanto en toda revolución tecnológica habrá enormes economías de escala para producirlos masivamente; situación capaz de afectar la economía mundial¹⁷. Finalmente, Pérez reafirma que todas las transformaciones tecnológicas solo son posibles como resultado de procesos interactivos y concomitantes a cambios sociales, políticos y gerenciales.

Estos valiosos aportes verifican la relevancia del factor tecnoeconómico para la evolución de los procesos productivos y el sistema económico, el cual pasó con posterioridad a conformar parte de las bases del libro en el cual está contenido el modelo teórico mencionado; pero reformulado para integrar el concepto de *paradigma tecnoeconómico*, al incluir la concepción de Thomas S. Kuhn sobre la interrelación entre revoluciones y paradigmas científicos¹⁸. A través del desarrollo de este modelo la autora hace una contribución más original y seminal, cuando examina la

suerte de metaparadigma, el cual abarcaría los principios fundamentales compartidos por todas las trayectorias individuales de un período. Actualmente, sin embargo, el término paradigma está siendo ampliamente usado con un sentido poco preciso, para representar una ‘idea fija’ acerca de algo. Así pues, la eventual revisión de la terminología podría ser prudente, para evitar mayores confusiones”.

¹⁶ Sobre este tema ver infra 2.2.1- Disrupción tecnológica en el entorno contractual.

¹⁷ La autora aprecia que en los periodos históricos cuyas revoluciones tecnológicas originaron las viejas industrias, insumos como el hierro, el carbón, el acero y el petróleo, así como en el caso de las revoluciones tecnológicas desencadenantes de las nuevas industrias basadas en insumos como los chips microelectrónicos; los bajos costos para proveerse de tales insumos generaron sustanciales economías de escala por razones no solamente técnicas. *Vid.* Carlota Pérez. *Op. cit.*, ps. 8-9.

¹⁸ *Vid.* Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.

interacción entre el capital financiero y las oleadas de nuevas tecnologías, desde sus comienzos hasta predominar en la estructura y comportamiento de la economía.

De forma general, tal desarrollo comprende un ciclo de dos periodos, dinamizados cada uno por dos fases. Así, el primero, “periodo de instalación”, está caracterizado por las turbulencias de sus fases de “irrupción” y “frenesi”, en las cuales son propagadas nuevas tecnologías y sufridos los tropiezos de las viejas industrias para adaptarse –de lograrlo– a estas.

En el segundo «periodo de despliegue» la inversión de capital financiero para estimular nuevas industrias, actividades e infraestructura es tan intensa que debe controlarse con nuevos regímenes regulatorios, al menos en los países líderes de la economía global. Aquí tienen lugar las fases de “sinergia” y “madurez”, representantes tanto de un crecimiento más armonioso, estable y próspero con relación al anterior, como de un buen acoplamiento entre las nuevas tecnologías y el marco institucional. Sin embargo, durante la fase de madurez ocurre una disminución en las tasas de retorno derivada de obsolescencias tecnológicas, arrancando una vez más el ciclo para poner en funcionamiento un nuevo “periodo de instalación”.

Este innovador modelo teórico, implementado en la sociedad red, tiene como nodos las nociones de *revolución tecnológica*, *paradigma tecnoeconómico* y *oleada de desarrollo*. Por tanto una *revolución tecnológica*¹⁹ es “un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo a largo plazo²⁰”.

Tal revolución hace surgir progresivamente *paradigmas tecnoeconómicos* que orientan a diversos agentes sociales: empresarios, gerentes, innovadores, inversionistas y consumidores, en sus interacciones y tomas de decisión durante todo el “periodo de instalación²¹”. No obstante, la característica indubitable para reconocer una *revolución tecnológica*, consiste en que cada conjunto de saltos tecnológicos logra difundirse mucho más allá de sus industrias y sectores originarios²².

De acuerdo al relacionamiento nodal de los tres conceptos bajo análisis, una definición de *paradigma tecnoeconómico* conduce a citar que el mismo es:

un modelo de óptima práctica constituido por un conjunto de principios tecnológicos y organizativos, genéricos y ubicuos, el cual representa la forma más efectiva de aplicar la revolución tecnológica y de usarla para modernizar y rejuvenecer el resto de la economía. Cuando su adopción se generaliza, estos principios se convierten en la base del sentido común para la organización de cualquier actividad y la reestructuración de cualquier institución²³.

¹⁹ De acuerdo a la definición de “revolución tecnológica”, la “revolución digital” representa una especie del género.

²⁰ Carlota Pérez. *Op. cit.*, p. 26.

²¹ *Cfr. Ibidem*, p. 27.

²² *Cfr. Ibidem*, p. 26.

²³ *Op. cit.*, p. 34.

En consecuencia, el significado de *paradigma tecnoeconómico* es más difícil de asimilar que el atribuido a la *revolución tecnológica*; pero a todas luces más poderoso, porque ayuda a reconocer la gran transformación posterior a los saltos tecnológicos de esta revolución²⁴.

Para culminar, una vez efectuada la transición del periodo de instalación al de despliegue y la *revolución tecnológica* alcanza consolidarse a través de la expansión y penetración de sus *paradigmas tecnoeconómicos*, es producido el proceso denominado por Pérez *oleada de desarrollo*, cuyo concepto define de la siguiente manera:

Una *oleada de desarrollo* se define aquí como el proceso mediante el cual una revolución tecnológica y su paradigma se propagan por toda la economía, trayendo consigo cambios estructurales en la producción, distribución, comunicación y consumo, así como cambios cualitativos profundos en la sociedad. El proceso evoluciona desde pequeños brotes, en sectores y regiones geográficas restringidas, hasta terminar abarcando la mayor parte de las actividades del país o países-núcleo, difundiéndose hacia periferias cada vez más lejanas, según la capacidad de la infraestructura de transporte y comunicaciones.

Así, cada oleada representa un nuevo estadio en la profundización del capitalismo en la vida de la gente y en su expansión por todo el planeta. Cada revolución incorpora nuevos aspectos de la vida y de las actividades productivas a los mecanismos del mercado; cada oleada amplía el grupo de países que conforma el centro avanzado del sistema y cada una extiende la penetración del capitalismo a otros rincones, dentro de cada país y de un país a otro²⁵.

Al analizar con profundidad esta completa y compleja definición resulta claro inferir que, sin la intervención dominante del capital financiero necesario para generar los inmensos cambios requeridos por toda *revolución tecnológica*, así como sin el modelo de óptima práctica implicado en sus *paradigmas tecnoeconómicos*, tales *oleadas de desarrollo* no existirán; mucho menos aún si este capital es el motor de las relaciones laborales, económicas y tecnológicas de la sociedad red.

4. Consideración final

Al examinar con detenimiento todo lo expuesto, resulta claro identificar a la inteligencia artificial como el principal paradigma tecnoeconómico del periodo actual de la era digital. Tal declaración está sustentada no solo por observar cómo es producto de nuevas nociones basadas en el funcionamiento del cerebro, sino además por ser la tecnología dominante en la sociedad red, y cumplir a cabalidad tanto con los parámetros que definen la última revolución tecnológica, como representar una nueva oleada de desarrollo.

²⁴ Cfr. *Ibidem*, ps. 34, 35.

²⁵ *Op. cit.*, p. 38

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castells, M. (1998). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1. La sociedad red*. Alianza Editorial.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Nilsson, N. J. (2010). *The Quest for Artificial Intelligence. A History of Ideas and Achievements*. Cambridge University Press.
- Pérez, C. (2003). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza* (r1.2). [ePub] polarin.
- Shanon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. USA. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27.
- Turing, A. M. (1950). *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind a Quarterly Review of Psychology and Philosophy*, Vol. LIX. N.º 236.