

Impacto económico y geopolítico de las tecnologías exponenciales

Autoría: Alberto Pascual

Afiliación: Ingeniero Superior de Telecomunicación; Diplomado en Alta Dirección de Empresas (PADE); Presidente de @aslan

SECCIÓN	PÁGINAS	IDENTIFICADOR
Tecnología, economía y geopolítica	233-241	TDL-85-2025-233-241

TIPO DOCUMENTAL

Ensayo tecnológico y económico

RESUMEN DOCUMENTAL

Análisis del carácter exponencial de la innovación tecnológica y de sus efectos sobre la economía, la sociedad y el equilibrio geopolítico. Alberto Pascual parte del Proyecto Genoma Humano para explicar la diferencia entre crecimiento lineal y exponencial y examina la convergencia de inteligencia artificial, biotecnología, robótica, datos, Internet de las Cosas y otras tecnologías. El artículo aborda la aceleración de la Cuarta Revolución Industrial y sus implicaciones estratégicas.

PALABRAS CLAVE

tecnologías exponenciales · inteligencia artificial · Cuarta Revolución Industrial · geopolítica · innovación · economía digital · Proyecto Genoma Humano

CITA BIBLIOGRÁFICA

Alberto Pascual. «Impacto económico y geopolítico de las tecnologías exponenciales». Torre de los Lujanes, n.º 85, 2025, pp. 233-241. ISSN 1136-4343.

Impacto económico y geopolítico de las tecnologías exponenciales

Por
Alberto Pascual

Ingeniero Superior de
Telecomunicación.
Diplomado en Alta
Dirección de
Empresas (PADE)
Emprendedor y direc-
tivo en compañías
globales Fortune 100
Presidente de @aslan
Patrono de la Funda-
ción Neuroblastoma.
Miembro del Consejo
Asesor de la Funda-
ción Internacional
Ratzinger.

En 1990, dio comienzo un ambicioso proyecto internacional de investigación científica, destinado a secuenciar el genoma humano. Se comprometió una inversión económica de tres mil millones de dólares, y se estableció un plazo de quince años para alcanzar el objetivo. Siete años después de iniciado el trabajo se procedió a la evaluación de los resultados alcanzados hasta el momento. Las conclusiones no pudieron resultar más descorazonadoras. Tan solo habían sido secuenciados un uno por ciento de los genes, habiéndose consumido ya algo más de la mitad de la dotación presupuestaria prevista. Los expertos concluyeron que la duración esperada del proyecto pasaba a ser de setecientos años, y fueron incapaces de determinar la inversión necesaria, por lo que lo razonable era abandonar. Sin embargo,

Ray Kurzweil, graduado del prestigioso MIT, que acabaría siendo Director de Ingeniería en Google, ofreció una lectura totalmente distinta de la situación. Kurzweil señaló que la expectativa de los setecientos años, se basaba en una interpretación lineal acerca del uno por ciento del genoma secuenciado en siete años. Sin embargo, el progreso no había sido lineal. Cada año, se secuenciaban el doble de genes que el anterior. La evolución no era lineal, sino exponencial. El proyecto estaba dentro de plazo y de presupuesto. Y así fue. En 2003, dos años antes de la fecha inicialmente prevista, se alcanzaban los objetivos establecidos.

A nuestra mente lineal le cuesta entender la aceleración en los cambios económicos, sociales y políticos que las denominadas tecnologías exponenciales han provocado. Hasta el punto de dar origen a una Cuarta Revolución Industrial que, a diferencia de las anteriores, caracterizadas cada una de ellas por una única tecnología (el vapor, en la primera; la electricidad, en la segunda; y, la computación, en la tercera), tiene su causa en la convergencia de distintas innovaciones digitales. El Internet de las Cosas, la robótica, el Big Data, la realidad inmersiva, la biotecnología, son tan solo ejemplos de una amplia lista de tecnologías que se combinan, generando sinergias y nuevas posibilidades. Y, por encima de todas ellas, con carácter transversal, la omnipresente Inteligencia Artificial.

- Se caracterizan, en primer lugar, y de ahí su denominación, por un crecimiento exponencial. Duplican su capacidad y/o reducen su coste a la mitad en un periodo de tiempo corto.
- Se retroalimentan, constituyendo un ecosistema que potencia su impacto y desarrollo.
- Son disruptivas. Suponen un cambio radical en las formas de hacer las cosas, creando continuamente nuevas oportunidades.

- Y, son democratizadoras. Su coste decreciente, su modelo de consumo, en suscripción o pago por uso, y la sencillez de su utilización, las hacen asequibles a casi todos los públicos.

Esos atributos, unidos a los avances en la neurociencia, han permitido idear casos de uso tremendamente adictivos y, por tanto, de extenso impacto social. El conocimiento del funcionamiento del cerebro humano ha posibilitado en las últimas décadas, la disponibilidad de imágenes por resonancia magnética funcional. Dicho conocimiento ha sido determinante para impulsar la influencia en el pensamiento y comportamiento humanos a través de la tecnología.

El impacto en lo geoeconómico y lo político-social ha sido notable, y vamos a tratar de explicarlo a lo largo de este trabajo.

Desde el punto de vista geoeconómico, la energía requerida por estas tecnologías es significativamente mayor que en las industrias tradicionales. Se han publicado estudios sobre el consumo energético durante el entrenamiento de un modelo como el empleado en GPT-3. Supuso un gasto equivalente al consumo eléctrico anual de 370 hogares españoles, basado en un promedio de 3.500 kWh/hogar, según datos de Redeia.

El CO2 emitido fue similar al generado por 125 vuelos de ida y vuelta entre Nueva York y Pekín.

El agua consumida en la refrigeración de los equipos informáticos empleados, fue de alrededor de 700.000 litros, el equivalente a unas 10.000 duchas de 10 minutos de duración.

Para modelos más grandes, como GPT-4, las cantidades anteriormente referidas podrían multiplicarse en un rango de 30-50 veces más.

Abordar esa exigencia energética pasa por una potenciación de las energías renovables, así como un replanteamiento de la consi-

deración de la energía nuclear. Los países privilegiados en ambos ámbitos, disponen de una clara ventaja competitiva.

En otro orden de cosas, las materias primas necesarias para alimentar cada revolución industrial, siempre han sido un elemento clave de la geoeconomía. La batalla por su disponibilidad ha marcado la agenda de los juegos de dominio y poder.

Las tecnologías exponenciales requieren de semiconductores, y las tierras raras se han convertido en objeto de deseo prioritario entre las potencias contendientes en la lucha por el poder tecnológico.

Además de los materiales, el dominio de las técnicas de diseño y fabricación también determinan el poderío de las naciones que pugnan por la supremacía tecnológica.

La demografía juega también un papel relevante. Durante un tiempo, hubo un cierto consenso con las ideas del reverendo Thomas Malthus, que planteó un conflicto fatal entre el crecimiento del número de humanos y la disponibilidad de recursos para sustentar esa expansión demográfica. Se hablaba de los límites del crecimiento. Sin embargo, una población mayor, ha demostrado estadísticamente la disponibilidad de un talento mayor, talento que ha posibilitado nuevas y mejores formas tanto de aprovechamiento de los recursos convencionales, como de generación de otros nuevos.

Marian L. Tupy y Gale L. Pooley lo han demostrado con profusión de datos en su obra de 2022 “Superabundancia”.

El desarrollo y aplicación de las tecnologías exponenciales no solo requiere de talento. Además, precisa de abundancia de datos. El siglo XXI se ha caracterizado por el aprovechamiento masivo tanto del talento de las poblaciones hiperconectadas en red, como nunca antes, así como de la explotación de los datos proporcionados. Un intenso trabajo que todos desarrollamos de manera no remunerada, muchas veces inconsciente e involuntaria, mediante la interacción

desde nuestros dispositivos móviles. Sin ello, el entrenamiento eficaz de los modelos de Inteligencia Artificial no habría experimentado el despegue verificado en los últimos años.

A mayor población, mejor desempeño. De ahí la ventaja que de partida tiene China, con sus 1400 millones de habitantes, cifra que supera ya la India, con 1460 millones de ciudadanos, frente a los 340 millones de estadounidenses o los 450 millones de europeos comunitarios.

Africa, suma a su riqueza natural 1560 millones de ciudadanos, pendientes de ser organizados en un proyecto común.

Sin embargo, la lengua es un elemento vertebrador a tener muy en cuenta. Y, en ese sentido, España debería tener en consideración los más de 600 millones de hispanohablantes creciendo de manera consistente.

El invierno demográfico europeo si bien sitúa a la Unión Europea en clara desventaja, también podría hacer de la necesidad virtud. Mario Draghi, en su informe de hace un año a la Comisión Europea sobre el futuro de la competitividad de la Unión, alerta sobre lo amenazado que está el estado de bienestar. La inversión de la pirámide de población, con una ciudadanía crecientemente envejecida consumidora de pensiones y atención médica, frente al número menguante de productores-contribuyentes, puede llevar al colapso del sistema. Pero esa emergencia también puede, como decíamos, hacer de esa necesidad, virtud, si somos conscientes de que la única salida es aumentar la productividad de los trabajadores mediante un uso intensivo e inteligente de la tecnología. Menos contribuyentes, pero con mayor capacidad de aportar.

En cualquier caso, la crisis pandémica ocasionada por el COVID-19, alertó del riesgo que supone confiar en soluciones globales a las necesidades regionales. Por ello, se está replanteando la necesidad de una soberanía tecnológica e industrial.

El acceso a mercados globales se ha visto también dificultado por las barreras a la logística que ha supuesto el inicio de nuevos conflictos bélicos, haciendo aún más patente la necesidad de ese desarrollo tecnológico de proximidad.

Global, regional o local, el modelo impuesto por la tecnología ha sido el descrito por la profesora Shoshana Zuboff como “Capitalismo de Vigilancia”. El acceso a datos hiperpersonalizados de los consumidores, posibilita a las compañías ofrecer productos y servicios perfectamente adaptados a las preferencias individuales. Pero, el uso intensivo de las tecnologías exponenciales, permite también influir en el comportamiento económico de los ciudadanos, haciendo cierto ese viejo aforismo que proclamaba que la mejor manera de predecir el futuro era construirlo.

Esta tendencia en lo económico, propiciada por la Cuarta Revolución Industrial, ilumina y realimenta también lo político.

Además de recuperar el Estado-Nación que parecía superado por el globalismo, la tecnología le ha dotado de nuevas herramientas que hacen reflexionar sobre el futuro de las democracias liberales.

La posibilidad comentada de acceso universal y muy granular a datos de los ciudadanos, unida a la gran capacidad de procesamiento de los mismos, ha permitido casos de uso político del Big Data y la Inteligencia Artificial muy relevantes.

Es posible hiper segmentar a la población en base a patrones de comportamiento, tanto de consumo como de opinión, a través de las redes sociales, en función de sus intereses, de sus preocupaciones.

A continuación, pueden elaborarse discursos adaptados a las expectativas individuales, generando un nivel de empatía que, sin la tecnología, nunca pudo ser tan masivo ni tan personalizado. Sin duda, el sueño cumplido de los más eficaces populistas.

Además, puede monitorizarse la respuesta a esas propuestas políticas, supervisando la opinión pública en tiempo real, haciendo análisis de sentimientos que permitan ir modificando adaptativamente las ofertas.

Sin duda, los riesgos son muchos, con sonados casos como el de Cambridge Analítica, y la utilización de los datos de las redes del gigante Meta para influir en el voto.

Estamos viviendo ya una polarización de las sociedades por el influjo de las redes. Redes que, conociendo las preferencias ideológicas de cada ciudadano, les suministran información sesgada que realimenta su modo de pensar, creando grupos homogéneos agrupados en los extremos, favoreciendo el enfrentamiento, y alejándolos de la búsqueda del bien común.

Riesgo de deshumanización por desprecio de la ética. Riesgo de convertir la verdad en aquello en lo que la tecnología nos permita inocular en las mayorías.

En este contexto, la capacidad de innovación es fundamental. Durante años se destacó que Estados Unidos innovaba, China replicaba y Europa regulaba. China, tras dar con un modelo político-económico que aprovecha su ventaja competitiva demográfica, es ya un polo de innovación relevante. Europa vuelve a ser pionera en la regulación, autora de la primera legislación en materia de Inteligencia Artificial. Sin embargo, no siempre la regulación debe ser un freno a la innovación. No regular compromete la confianza y, los entornos de desconfianza e incertidumbre, son los que realmente matan la capacidad creadora.

En Europa lo que realmente ha fallado y debe enmendarse, es la fragmentación del mercado digital, que impide un tamaño suficiente para el aprovechamiento de sinergias y economías de escala. Europa adolece, además, de un subdesarrollo en los mercados de

capitales, dificultando enormemente el acceso a los recursos financieros precisos para el desarrollo tecnológico. Por último, las leyes de quiebra primitivas vigentes, refractarias a una segunda oportunidad, disuaden de la asunción de cualquier riesgo inherente al emprendimiento.

La batalla por el liderazgo tecnológico ha dado lugar a tres modelos de desarrollo y gobernanza, a tres bloques de poder que marcan la agenda geopolítica mundial.

Estados Unidos, campeón del liberalismo, ha comenzado a poner límites frente a la emergente potencia China en aras de una pretendida seguridad. Barreras no solo arancelarias. Protección de su Propiedad Intelectual. Limitación de tecnología foránea en infraestructuras críticas. Restricción en el acceso de talento extranjero a sus centros formativos y de innovación. En este último campo, siendo tremendamente selectivos, escogiendo bien a los elegidos equilibrando el acceso a la genialidad procedente de otros países con el bloqueo a que ese talento sea luego aprovechado en los lugares de origen. Son paradigmáticos los casos de Elon Musk, originario de Sudáfrica, o Sergei Brin, cofundador de Google nacido en Rusia. Además de poner la vista en el modelo regulado europeo Estados Unidos ha emulado también el modelo chino empeñando recursos materiales y económicos para impulsar las iniciativas tecnológicas privadas. Los gigantes tecnológicos se han beneficiado de ello.

Estados Unidos encabeza el bloque de las tecno democracias. Aquellas que propugnan el uso de las tecnologías digitales para empoderar a los individuos y proteger sus derechos. Francia, Alemania, Japón, Reino Unido, Australia, Canadá, Corea del Sur, Finlandia, Suecia, Israel e India completan este grupo.

China emerge como potencia con su novedoso modelo de capitalismo de Estado. Inyectando capital público en proyectos arriesgados

que, una vez demuestran su viabilidad, traspasa para su aceleración al sector privado. Siempre con cierto control, y habiendo sacado buen rédito del apetito occidental por aprovechar el tamaño chino, llevando allí sus productos más novedosos, fuente de inspiración durante años para la ingeniería del gigante oriental. Su control político ha demostrado su eficacia proporcionando simultáneamente seguridad y un éxito económico deslumbrante, creando una pujante clase media.

China encabeza el bloque de las tecno autocracias, con el uso deliberado de la tecnología como herramienta para el control social y político. Rusia, Pakistán, Arabia Saudí e Irán son otros destacados miembros de este grupo.

En este punto, cabría preguntarse si estamos ante un nuevo orden mundial digital bipolar. ¿Asistimos a una nueva guerra fría entre dos bloques? Surge el miedo a la conocida como Trampa de Tucídides. El riesgo de guerra que genera el miedo a perder la hegemonía cuando un poder en ascenso rivaliza con un poder gobernante, concepto acuñado en 2015 por el politólogo estadounidense Graham T. Allison. Allison señaló dieciséis casos históricos y concluyó que en trece de ellos las partes entraron en lucha armada.

Sin embargo, la situación actual es aún más compleja. Existe un tercer bloque transversal no ideologizado. El de los propios gigantes tecnológicos, con su propia agenda de poder. El poder de los GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple y Microsoft). Un conglomerado que supone un PIB superior al de Canadá, Reino Unido y Alemania, en lucha por los mercados globales, sorteando legislaciones antimonopolio.

La exponencialidad intrínseca a las tecnologías causantes del nuevo modelo, acelera la velocidad de los cambios. Vivimos un entorno Volátil, Complejo, Incierto y Ambiguo, en el que retornar al anclaje en verdades fuertes se hace urgente y necesario.