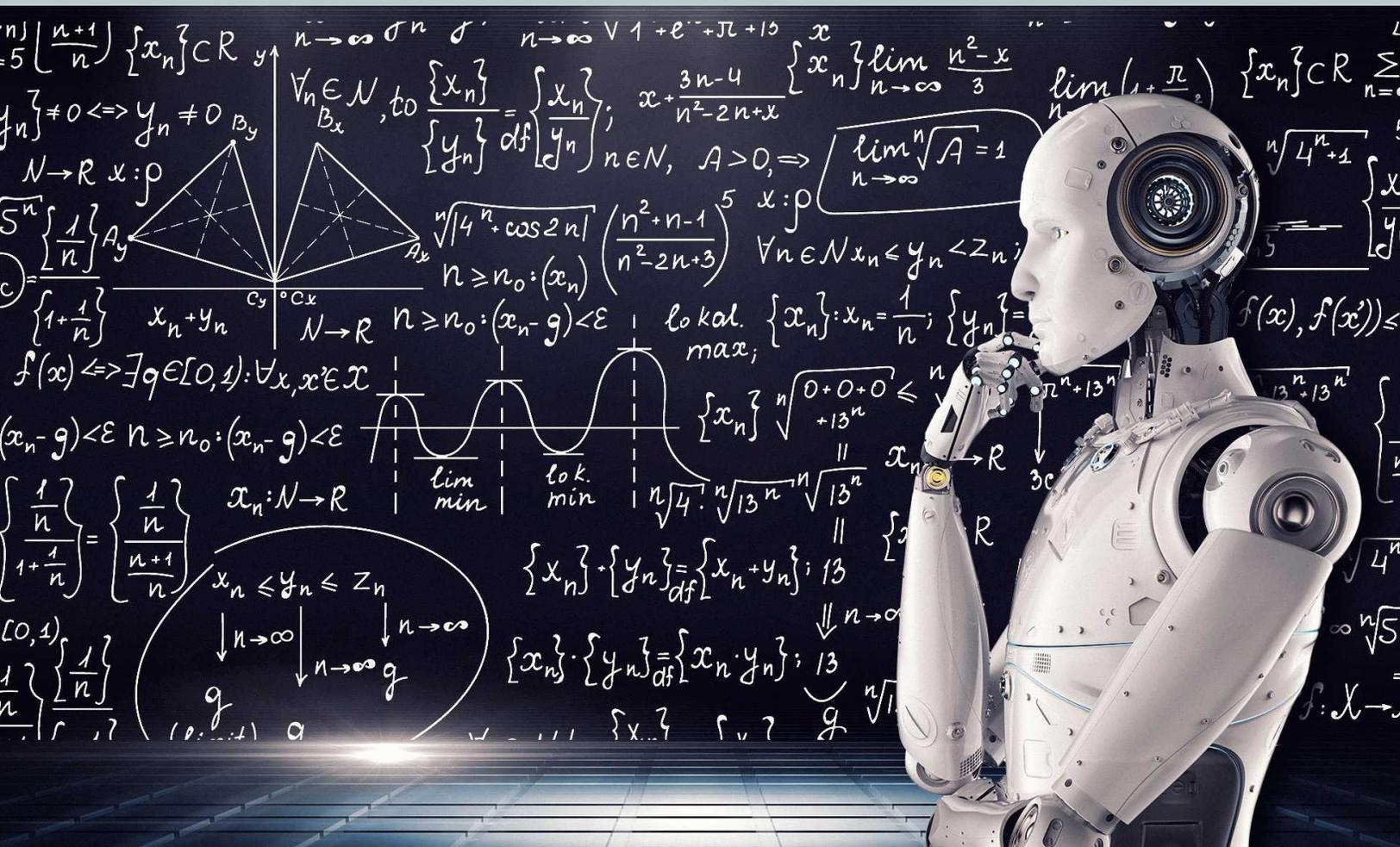


JUNE 2023

Perspectiva de la tecnología digital convergente en la próxima década (2023-2033) y su impacto global y regional

By Dr. Boris Saavedra



**WILLIAM J. PERRY CENTER
FOR HEMISPHERIC DEFENSE STUDIES**

National Defense University

Cover concept: Foto de la portada: A medida que la tecnología de estos dos campos se acelera, el aprendizaje automático (ML) y la inteligencia artificial (IA) prometen transformar las sociedades rápidamente en las próximas décadas.

Credit: Daniele Caldarini and Techblog

Disclaimer: The views expressed in this paper by the author are his own and do not reflect those of the Perry Center, the Department of Defense nor the US government.

Editor-in-Chief: Dr. Pat Paterson

Layout Design: NDU Graphics

Perspectiva de la tecnología digital convergente en la próxima década (2023-2033) y su impacto global y regional

By Dr. Boris Saavedra



**WILLIAM J. PERRY CENTER
FOR HEMISPHERIC DEFENSE STUDIES**

**PERRY CENTER OCCASIONAL PAPER
JUNE 2023**

Perspectiva de la tecnología digital convergente en la próxima década (2023-2033) y su impacto global y regional

By Dr. Boris Saavedra

Durante el próximo siglo, la aceleración tecnológica puede hacer algo más que interrumpir industrias e instituciones, en realidad puede interrumpir el progreso de la inteligencia biológica en la tierra. Esta ruptura dará a luz a una nueva especie, una que programará a velocidades exponenciales, tanto una migración masiva como una meta inteligencia y, en última instancia, al final de nuestra historia, otra razón más para que el futuro sea más rápido de lo que pensamos.

The future is faster than you think
-- Peter H. Diamandis y Steven Kotler

Introducción

La guerra de Putin en Ucrania no es el único riesgo político global que se cierne sobre la próxima década. Se avecina una serie de desafíos internacionales, a medida que China cambia su política de cero COVID, y en medio de continuas protestas en Irán. Estamos viendo líderes políticos y del sector privado, en todas las regiones del mundo, que están realizando actividades verdaderamente disruptivas que atacan la democracia liberal en sus controles y equilibrios.

Estas acciones también atentan contra el orden mundial que ha prevalecido desde el final de la Guerra Fría, con una sostenida evolución de la geopolítica global. Con esto, la tecnología digital emergente, exponencial, acelerada y convergente se ha convertido en su centro de gravedad. A nivel de las grandes potencias y como parte de su estrategia para controlar el flujo de información mundial, China está invirtiendo enormes cantidades de dinero y recursos en tres nuevas tecnologías de la información y la comunicación: Inteligencia Artificial (IA) , tecnología inalámbrica 5G y computación cuántica.

En este momento los Estados Unidos de América cuentan con una estrecha ventana para impugnar el ascenso de China en estas tecnologías, así como en las condiciones subyacentes que podrían permitir

a este país asiático el dominio de tan amplio campo. Sin embargo, en la actualidad los líderes chinos se preocupan menos por la presencia de la marina de Estados Unidos en el mar del sur de China que por las recientes regulaciones del Departamento de Comercio de Estados Unidos, el cual limita y prohíbe la transferencia de tecnología estadounidense al exterior, particularmente a China. En el pasado, la lista de limitaciones de transferencia se había utilizado para impedir la venta de sistemas de armas, como piezas de misiles o materiales nucleares.

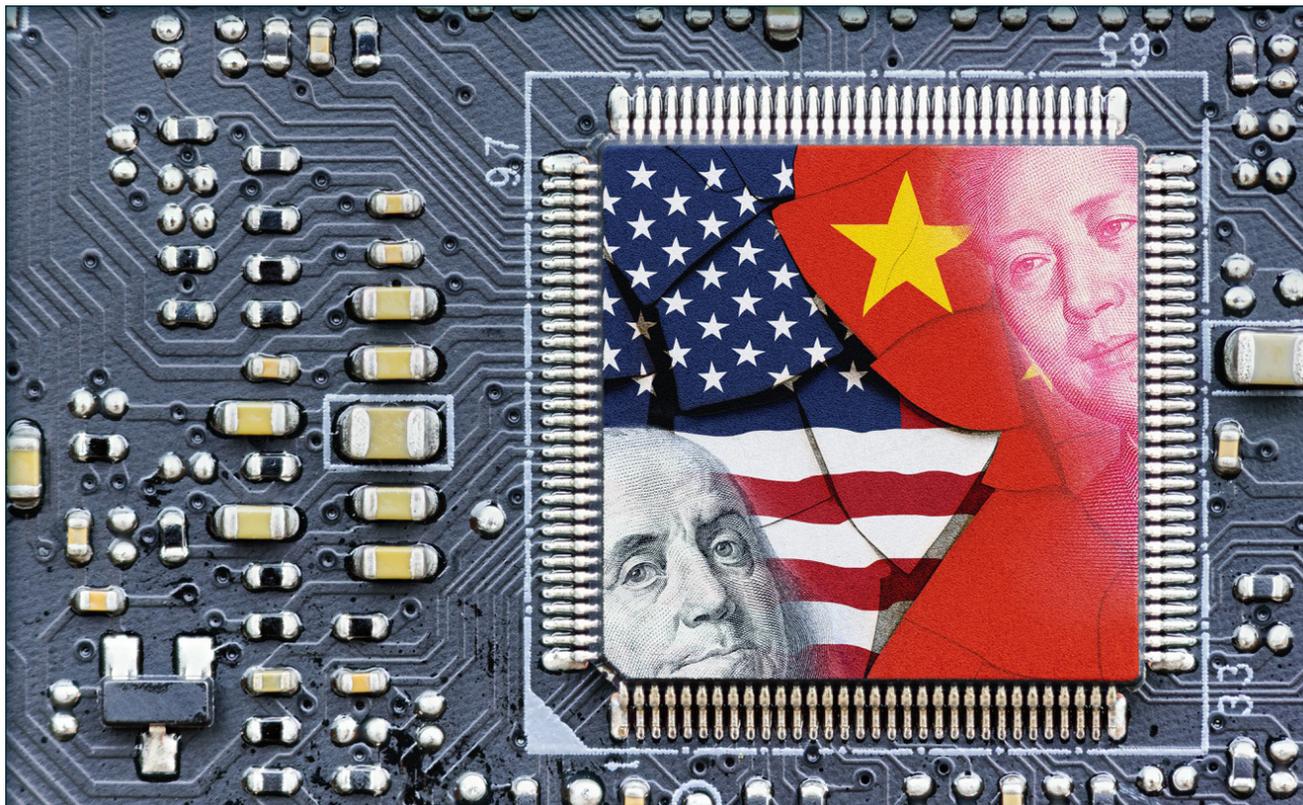


Foto: Estados Unidos y China compiten por la tecnología de microchips, los dos mayores mercados de tecnología avanzada del mundo. Imagen del KCRW Radio.

Ahora, el gobierno estadounidense está endureciendo drásticamente las reglas que rigen los semiconductores (chips, por su denominación en inglés) de computadoras que se han vuelto omnipresentes, tanto en los sistemas militares, como en los bienes de consumo.¹

Una combinación de uso, regulaciones y amenazas crecientes está definiendo el panorama de la ciberseguridad y la tecnología. Esto estimula la necesidad de un mayor esfuerzo educativo para la comprensión de la ciberseguridad y de la colaboración de las organizaciones públicas y privadas. Por estas razones, este artículo analiza la perspectiva para la próxima década, desde el punto de vista político y estratégico, de la convergencia tecnológica en sus diferentes manifestaciones, la cual está generando cambios disruptivos a escala global. Tal es el caso de la convergencia de Inteligencia Artificial (IA)

¹ Jan Brennan, “Top Ten Political Risk in 2023,” Amanpour and Co. (PBS), Link: <https://www.pbs.org/wnet/amanpour-and-company/video/top-10-global-political-risks-2023-y1qull/>, accessed 08 March 2023.

y el aprendizaje automático (ML, Machine Learning, en inglés); la convergencia tecnológica y las redes sociales; la convergencia tecnológica y las comunicaciones inalámbricas 5G; la convergencia tecnológica para el surgimiento de la Web 3.0/Metaverso (Realidad Virtual/Realidad Aumentada (RV/RA) + Blockchain) y la convergencia tecnológica de la computación cuántica y la IA. Todo esto, aunado a las preocupaciones, retos y oportunidades para dichos procesos en Latinoamérica y el Caribe.²

Convergencia tecnológica

Un gran parte de lo que se analizará en este informe se centra en la convergencia tecnológica. Esta expresión se entiende como la unión de tecnologías emergentes de aceleración exponencial, es decir, cualquier tecnología que duplique su potencial mientras baja el precio en forma regular. Esto quiere decir que, en forma constante, el potencial de la tecnología se duplica y, cuando estas tecnologías se unen, producen un efecto evolutivo acelerado y exponencial que genera cambios disruptivos en el comportamiento humano a escala global.

Convergencia de Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (ML)

La IA es la tecnología que permite emular tareas humanas a través del aprendizaje y la automatización. En esencia, es la capacidad de la máquina para aprender a aplicar la lógica y la razón, a fin de obtener una comprensión de datos muy complejos. Mediante la convergencia con el ML, la máquina aprende de los datos que recibe, identificando patrones y relaciones dentro de los datos en sí, para generar resultados con nuevos conocimientos.³

Los expertos y futuristas tecnológicos consideran que, en la próxima década, los algoritmos de IA y las herramientas de aprendizaje automático serán, cada vez más, una fuente abierta y disponible en la nube. Esto dará a cualquier individuo con una conexión a Internet, la capacidad de amplificar su creatividad, mejorar su habilidad para resolver problemas y aumentar su capacidad de ingresos. Ejemplos de esto incluyen GPT-4: un modelo de IA y aprendizaje automático de red neuronal entrenado con datos de Internet para generar cualquier tipo de texto.⁴

La IA promete transformar todos los ámbitos de la vida humana. El núcleo de sus transformaciones finalmente ocurrirá, como lo expresa el reconocido estratega estadounidense, el Dr. Henry Kissinger, a nivel filosófico, transformando la manera en la que los humanos entendemos la realidad y nuestro papel dentro de ella. Éste es un proceso sin precedentes por la gradualidad con la que nos hemos enterado de la IA con gran pasividad, con lo cual nos hemos dado cuenta de lo que se ha hecho y es probable que se haga en los próximos años.⁵

² Chris Miller, “Chip War, the Fight for the World’s Most Critical Technology,” New York, Scribner, October 2022.

³ Peter Diamandis and Steven Kotler, “The Future is Faster than you Think. How Converging Technologies are Transforming Business, Industries, and Our Lives”, Simon & Schuster Audio, January 2020.
Metatrend #1, “Everything is Smart & Embedded with Intelligence,” Link: https://www.diamandis.com/blog/metatrend_1_everything_is_smart, accessed 08 March 2023.

⁵ Daniel Huttenlocher, Eric Schmidt, and Henry Kissinger, “The Age of AI and Our Human Future”. New York, NY, Little, Brown, and Company, October 2021.

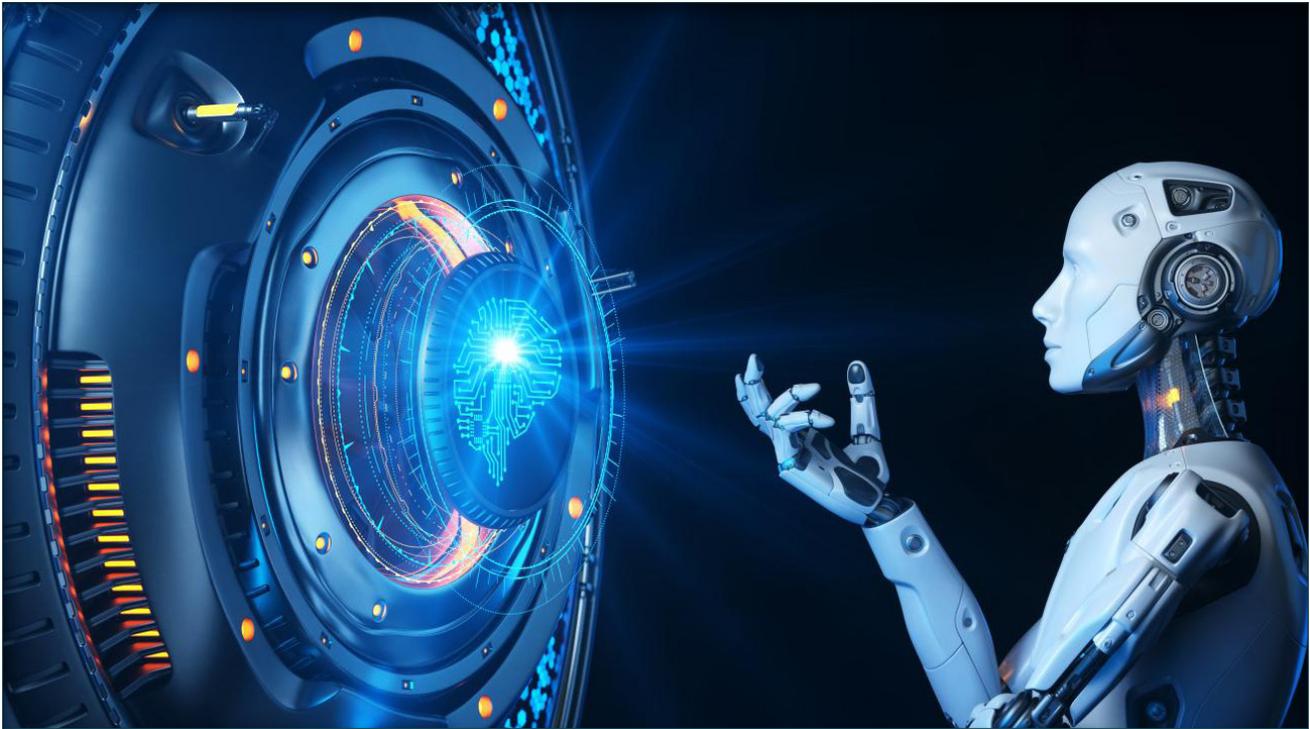


Foto: A través de la inteligencia artificial (IA), las computadoras pueden acceder a cantidades masivas de datos y usar su poder de cómputo para tomar decisiones y hacer descubrimientos en fracciones del tiempo que les tomaría a los humanos. Imagen del MIT International Science & Technology Initiatives (MISTI).

La base se ubica en las computadoras y el Internet. Su cenit será la IA ubicua, que aumenta el pensamiento y la acción humana de forma obvia, como en nuevos medicamentos, traducciones automáticas de idiomas y, menos percibidos conscientemente, los procesos de software que aprenden de nuestros movimientos, actividades y elecciones que se ajustan para anticipar o dar forma a nuestras necesidades futuras. Ahora que se ha comprobado la convergencia de la IA y el aprendizaje automático (ML), y que la potencia informática necesaria para operar la IA sofisticada está disponible, son pocos los campos de las actividades humanas que no se verán afectados.

De manera persistente, a menudo imperceptible, ahora y en el futuro, una red de software se está desarrollando en todo el mundo, impulsando y percibiendo el ritmo y el alcance de los eventos, superponiendo aspectos de nuestra vida diaria: hogares, transporte, distribución de noticias, mercados financieros, operaciones militares, etc. Esto va ocurriendo a medida que hay más software que incorpora IA y que opera en forma automática, sin la intervención humana directa, sin entender el proceso enteramente de información de nuestras capacidades y experiencias, dando forma y aprendiendo de nuestras acciones. Sin embargo, puede llegar el momento en el cual no sepamos exactamente lo que hacen, lo que identifican o por qué funcionan.

Aunque la IA puede sacar conclusiones, hacer predicciones y tomar decisiones, no posee autoconsciencia, es decir, no tiene la capacidad de reflexionar sobre su papel. No tiene intención, motivación, moralidad o emoción: incluso, sin estos atributos es probable que desarrolle medios diferentes e impre-

vistos para lograr sus objetivos asignados. Pero, inevitablemente cambiará a los humanos y los entornos en los que viven. Cuando los individuos crecen o se entrenan con la IA, podrían verse tentados, incluso inconscientemente, a antropomorfizarla y tratarla como un ser más.

Convergencia tecnológica y su impacto en las comunicaciones

Estos son días frenéticos de la Quinta Generación de comunicaciones inalámbricas (llamada comúnmente 5G), la cual consiste en la convergencia de la Movilidad, Internet de las Cosas (IoT), Internet de todo (IoE), baja latencia e Inteligencia Artificial (IA). Las nuevas generaciones de dispositivos móviles vienen en oleadas, lo que exige cambios en toda la red.

En los últimos dos años la instalación de la infraestructura de las comunicaciones 5G inalámbricas ha ido en aumento. Sin embargo, se están desarrollando al mismo tiempo las comunicaciones 6G inalámbricas, que serán 100 veces más rápidas. En forma concomitante, en la órbita terrestre se están desplegando varios miles de sistemas de satélites que, finalmente, cubrirán cada metro cuadrado de la Tierra.

La transición a esta próxima generación de tecnología inalámbrica presenta oportunidades y desafíos únicos, que deben ser pensados y abordados cuidadosamente. Las grandes potencias que quieran maximizar el florecimiento exitoso de las redes inalámbricas de próxima generación y las aplicaciones que dependen de ellas, deberán exigir a los formuladores de las políticas hacer frente a las tecnologías complejas y a las dinámicas económicas en torno a 5G, en las que las decisiones conllevan un impacto enorme en la competitividad y seguridad nacional a largo plazo.

Los titulares de informativos especializados muestran consternación por el ritmo de implementación de 5G, así como por el número limitado de fabricantes de equipos con esta tecnología y el riesgo que representa el aumento continuo de proveedores chinos, especialmente la marca Huawei. Los expertos en la materia advierten que, en este momento, a menos que Estados Unidos se involucre en un despliegue 5G rápido y extenso, no podrá obtener una ventaja competitiva en las aplicaciones que aprovecharán las redes 5G de China, el competidor por excelencia. Una estrategia nacional de 5G debe abordar, entre otros, los problemas de producción y adopción de esta tecnología.⁶

Cualquier estrategia debe estar orientada a respaldar la innovación inalámbrica continua más allá de los próximos años, mientras ayuda a garantizar que el desarrollo de la tecnología inalámbrica futura (por ejemplo, 6G) no se enfoque sólo en rivales geopolíticos del presente e idealmente permita que productores en general emerjan y prosperen. La naturaleza compleja e interrelacionada de estas consideraciones de política y el entusiasmo considerable en torno a la tecnología en sí han contribuido a que Occidente presente en la actualidad una falta de visión estratégica clara del reto que se enfrenta y, en particular, Latinoamérica y el Caribe.

⁶ Blake, D., "A U.S. National Strategy for 5G and Future Wireless Innovation". Information Technology & Innovation Foundation. <https://itif.org/publications/2020/04/27/us-national-strategy-5g-and-future-wireless-innovation>, (April 2020).

Convergencia tecnológica para el surgimiento de Web3.0/Metaverse (AI + RV/RA + Blockchain)

La Web 1.0 fue la primera versión de la red mundial, que duró aproximadamente desde 1991 hasta 2004. Esta primera versión de la web a menudo se describe como “sólo lectura”. La mayor parte de lo que la gente hacía en la Web 1.0 era leer páginas web estáticas, que se codificaban manualmente con HTML. Se puede pensar en esta Web 1.0 como un folleto gigante, “ligeramente interactivo” o una enciclopedia digital. Ejemplos de Web 1.0 incluyen versiones iniciales de blogs, tableros de mensajes y portales como América Online (AOL).

La Web 2.0, también conocida como de “lectura-escritura” o web social, se caracteriza por aplicaciones de software como Gmail y Google Docs., y plataformas de redes sociales como Facebook y Twitter.

Esta nueva versión surgió debido a la falta de interactividad entre creadores y usuarios de la Web 1.0, y es la versión de la web que la mayoría de la gente experimenta en la actualidad. Con la Web 2.0, el enfoque es la participación masiva y la interactividad con personas que crean y publican su propio contenido en lugar de leer pasivamente. También hemos sido testigos del advenimiento de los modelos de software como servicio (SaaS, por sus siglas en inglés) y las tecnologías de programación dinámica. Sin embargo, uno de los inconvenientes de esta versión de la web es la centralización de los datos e información de los usuarios por parte de las grandes empresas tecnológicas. Este ha sido un factor clave en el desarrollo de la próxima iteración de la web.



Foto: Blockchain (también llamada distributed ledger technology o DLT) es un nuevo desarrollo emocionante en el intercambio de información que permite que múltiples usuarios usen la misma tecnología y datos, de la misma manera que un documento de Google Drive permite que más de una persona use los datos. Imagen del BuiltIn.

La idea de la Web3.0 es la propiedad y control descentralizados, al poner la web en manos de sus usuarios y la comunidad. El metaverso, por otro lado, es una realidad digital compartida que permite a los usuarios conectarse entre sí, construir economías e interactuar en tiempo real, sin importar a quién pertenece. Estas dos tecnologías, aunque no son lo mismo, se complementan en forma articulada para lograr la autonomía funcional del usuario. La tecnología Blockchain es un mecanismo de base de datos avanzado que permite compartir información de forma transparente dentro de una red empresarial o institucional. Una base de datos de Blockchain almacena datos en bloques que están vinculados en una cadena. La Realidad Virtual (RV) crea un entorno virtual inmersivo, mientras que Realidad Aumentada (RA) aumenta una escena del mundo real. La RV es 75% virtual, mientras que RA es solo 25% virtual. La RV requiere un dispositivo de auriculares, mientras que la RA no. Los usuarios de la RV se mueven en un mundo completamente ficticio, mientras que los usuarios de la RA están en contacto con el mundo real.

Un reciente estudio de Citibank determinó que el metaverso podría tener un valor de 13 mil millones de dólares para 2030 y tener hasta 5 mil millones de usuarios. Mientras la Web2 nos permite transferir datos en forma de documentos, fotos y videos en forma instantánea, la Web3 emergerá como la Internet del valor, basada en Blockchain, NFT (Non-Fungible Token), DAO (Decentralized Autonomous Organization), y el metaverso, que nos permitirá transmitir documentos de propiedades con plena seguridad, respaldada por Blockchain. El metaverso es una capa social y de documentos de propiedades, en Internet, que proporcionará identidad y autonomía, conectando personas, lugares y cosas. Proporciona autenticidad garantizada a través del tiempo y el espacio, respaldada por Blockchain. La Web3/Metaverso funciona con una combinación de Realidad Virtual/Realidad Aumentada (RV/RA), redes 5G, Blockchain e IA. Este conjunto de tecnologías transformará el modo en que vivimos nuestras vidas, con un impacto importante en todas las industrias, desde el comercio minorista y publicidad, hasta educación, entretenimiento y particularmente seguridad. En la próxima década, “los artistas y comunicadores serán para la Web3 lo que los ingenieros de software fueron para la Web2”.⁷

Los auriculares RV de alta resolución y bajo peso, en combinación con la conectividad de alto ancho de banda, IA, y con imágenes generadas, permitirán a cualquier persona comprar de todo, desde ropa hasta bienes raíces en la comodidad de su hogar, de una manera fácil y altamente eficiente. Si una persona necesita adquirir un nuevo atuendo, la IA conoce las medidas detalladas de su cuerpo y puede preparar un desfile de moda con múltiples copias de su avatar, luciendo los últimos 20 diseños de una pasarela.

Si desea comprar muebles para el hogar, el sistema le permitirá ver cómo lucirían los muebles que está viendo en línea, dentro de su casa. No hay problema, y la IA puede mostrarle y darle un recorrido por el lugar, todas las perspectivas y desde cualquier rincón. De hecho, ya los decoradores utilizan esta tecnología para presentarle a sus clientes la imagen exacta de cómo quedarán sus espacios con el mobiliario escogido.

⁷ Metatrend #1, “Everything is Smart & Embedded with Intelligence,” Link: https://www.diamandis.com/blog/metatrend_1_everything_is_smart, accessed 08 March 2023.

Quizás más importante que el comercio es el impacto que estas tecnologías tendrán en el futuro de colaboración y trabajo. La pandemia de COVID-19 cambió el lugar de trabajo y envió a la gran mayoría de empleados a trabajar en la casa, usando Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, Slack y otras herramientas, que condujeron a adoptar su uso en dinámicas laborales distintas. Si bien son funcionales, estas tecnologías de colaboración carecen por completo de los elementos sociales del lugar de trabajo tradicional, haciéndolos menos que adecuados. Impulsada por esta necesidad humana innata, una nueva generación de los entornos de colaboración totalmente inmersivos llegará a mediados de esta próxima década, tras el lanzamiento de los auriculares Apple de RV/RA y el equipo META Oculus de próxima generación. Las primeras versiones de este lugar de trabajo grupal virtual le permitirán elegir su avatar y alrededores, interactuar con amigos, compañeros de trabajo y AI-bots. Esta Meta tendencia será habilitada mediante la convergencia de RV, aprendizaje automático ML y redes de gran ancho de banda.⁸

Convergencia tecnológica y las redes sociales

Las plataformas de las redes sociales se han convertido en un elemento esencial y permanente a gran escala. Una de las características definitorias de plataforma de red social es que a cuanta más gente sirve, más útil y deseable se vuelve para los usuarios. La penetración de la IA en todos los ámbitos de las actividades en el ciberespacio ha llegado a las redes sociales volviéndose, cada vez más, una parte importante de las plataformas que tienen como objetivo brindar los servicios a escala. Como resultado de esto, casi todos los usuarios de Internet hoy en día se encuentran con IA o, al menos con cada vez más contenido en línea moldeado por IA.

A manera de ejemplo, la IA juega un papel importante en el motor de búsqueda de Google, un papel relativamente reciente y en rápida evolución. Originalmente, el motor de búsqueda de este servidor se basaba en algoritmos muy complejos, desarrollados por humanos, para organizar, clasificar y guiar a los usuarios hacia la información. Cuando los resultados no eran útiles, los desarrolladores hacían ajustes. No obstante, en 2015 el equipo de búsqueda de Google pasó de utilizar estos algoritmos desarrollados por humanos a implementar el aprendizaje automático, lo que lo hace más capaz de anticipar preguntas y organizar en forma más precisa los resultados.⁹

Este ejemplo de Google nos ilustra cómo las principales plataformas de redes sociales dependen cada vez más de la IA para brindar servicios más eficientes y así cumplir con las expectativas de los clientes y los requisitos establecidos por el gobierno. En otras palabras, la IA se ha convertido de forma gradual y discreta en un clasificador y moldeador de la realidad y, de hecho, un actor en el escenario nacional y global.

⁸ Peter Diamandis and Steven Kotler, “The Future is Faster Than You Think. How Converging Technologies are Transforming Business, Industries, and Our Lives”, Simon & Schuster Audio, January 2020.

⁹ How Google use Machine Learning to revolutionize the Internet World. <https://data-flair.training/blogs/how-google-uses-machine-learning/#:~:text=Google%20uses%20machine%20learning%20algorithms,machine%20learning%20embedded%20in%20services>

No existe una razón inherente para que la dinámica de los efectos positivos de las redes sociales se detenga en las fronteras nacionales, regionales o mundiales. En la actualidad, las plataformas de las redes se expanden permitiendo el acceso a éstas sin limitaciones de fronteras físicas o barreras lingüísticas. Por lo tanto, para cada servicio como las redes sociales y transmisión de videos, generalmente hay una pequeña cantidad de plataformas de redes globales que podrían estar complementadas por redes locales. Los usuarios se benefician y contribuyen a un fenómeno nuevo, aún poco conocido, como lo es el funcionamiento de la inteligencia humana a escala global. Ésta es, en la actualidad, una mega tendencia a nivel mundial, indetenible, pero que puede generar vulnerabilidades que deben ser atendidas para la debida protección de los usuarios.

Durante muchos años, y hoy más que nunca, las fronteras nacionales han sido permeables a nuevas ideas y tendencias, incluidas aquellas fomentadas con un propósito malicioso deliberado, a gran escala. Sin bien es cierto que existe una gran preocupación que conduce a evitar que la desinformación maligna, distribuida intencionalmente, impulse las tendencias sociales y los eventos políticos, debe subrayarse que este resultado rara vez ha demostrado ser una empresa precisa o completamente exitosa. Sin embargo, tanto hoy como en el futuro, tanto la ofensiva como la defensiva, tanto la difusión de desinformación como los esfuerzos para combatirla, se automatizarán cada vez más y se confiarán a la IA.

La IA GPT-4 que genera lenguaje ha demostrado la capacidad de crear personalidades sintéticas, usarlas para producir un lenguaje que es característico del discurso de odio y entablar conversaciones con usuarios humanos para inculcar prejuicios e, incluso, incitarlos a la violencia. Si se implementara una IA de este tipo para propagar odio y la división a gran escala, sería posible que los humanos por sí solos no sean capaces de combatir el resultado.

Esto ocurriría a menos que la IA se detenga al principio de su implementación y se pueda identificar y deshabilitar manualmente todo su contenido, a través de investigaciones y decisiones fundamentadas en legislaciones y regulaciones pertinentes. Si esto se logra, sería un gran paso, pero un gran desafío para los gobiernos y operadores de plataformas de redes sociales más sofisticadas. Para una tarea tan vasta y ardua, tendrían que recurrir, como ya se hace, a los algoritmos de IA de moderación de contenido. Pero surgen algunas preguntas al respecto: ¿quién lo crea y supervisa, y cómo lo hace?

En una sociedad democrática de libertades plenas, donde operan redes sociales habilitadas con IA que generan, transmiten y filtran contenido a través de fronteras nacionales, regionales e internacionales, que pueden actuar de una manera que inadvertidamente promueve el odio y la división, se hace frente a una nueva amenaza que debería neutralizarse. En consecuencia, es importante considerar enfoques novedosos para vigilar el entorno de información. Este problema es urgente, pero las soluciones que dependen de la IA generan sus propias preguntas críticas. No debemos olvidar la consideración del equilibrio adecuado entre el juicio humano y la automatización impulsada por la IA en ambos lados de la ecuación. Como consecuencia de todo esto y considerando el papel de la IA en la evaluación y la censura de la información, se han entablado debates fundamentales difíciles en las sociedades que practican el libre intercambio de ideas.

Para algunos, la inclinación será confiar la tarea a un proceso técnico que parezca libre de prejuicios y parcialidades humanas, una IA con una función objetiva para identificar y detener el flujo de desinformación y falsedad. Pero ¿qué pasa con el contenido que nunca es visto por el público? Cuando la prominencia o difusión de un mensaje es tan restringido que su existencia es negada, hemos llegado a un estado de censura. Si la IA anti desinformación comete un error, habrá que suprimir contenido que no sea malicioso. Pequeñas diferencias en el diseño de la función objetivo de la IA, los parámetros de entrenamiento y las definiciones de falsedad, podrían conducir a diferencias en los resultados que podrían alterar a la sociedad.

Estas preguntas se vuelven aún más cruciales a medida que las plataformas de redes sociales utilizan IA para brindar sus servicios a miles de millones de personas. Si algo es cierto es que, a mayor número de clientes, más productivo es el negocio; esto permite que el servicio sea gratuito, por ser el producto del negocio.

Convergencia tecnológica de la computación cuántica y la IA

La idea de que la materia está hecha de pequeños fragmentos se remonta a la Grecia antigua, pero la idea de la existencia del átomo al final del siglo XIX se deslinda de la teoría de los cuatro elementos, que consideraba que todo estaba compuesto por tierra, aire, fuego y agua. Para sorpresa de los científicos, los átomos no sólo demostraron ser una realidad, sino que estos diminutos componentes de todo, desde un ser humano hasta una mota de polvo, también se comportaban de una manera más extraña de lo anticipado. El estudio científico sobre el átomo demostró que poseía una estructura interna parecida al sistema solar, sin embargo, esta estructura le da una condición de inestabilidad que hace muy difícil predecir el comportamiento de las partículas cuánticas que lo integran.¹⁰

Para hablar y comprender la computación cuántica, es necesario tener claras ciertas nociones fundamentales. Comencemos por analizar los siguientes conceptos:

Teoría cuántica

Es la base teórica de la física moderna que describe la naturaleza y el comportamiento de la materia y la energía, y todas sus interacciones a nivel microscópico. La naturaleza, el comportamiento de la materia y la energía en este nivel se denominan física y mecánicas cuánticas.

Creadores de la teoría cuántica

Niels Bohr y Max Planck, dos de los padres fundadores de la Teoría Cuántica, recibieron cada uno un Premio Nobel de Física por su trabajo sobre los cuantos. Einstein es considerado el tercer fundador de la teoría cuántica porque describió la luz como cuantos, en su teoría del efecto fotoeléctrico, por la que ganó el Premio Nobel en 1921.

¹⁰ Brian Clegg, “30-Second Quantum Theory. The 50 Most Important Thought-Provoking Quantum Concepts, Each Explained in Half a Minute”. New York, Metro Book - Starling Publishing Co. Inc. 2014.



Foto: Internet de las cosas (IoT) se refiere al vasto sistema de tecnología interconectada en las sociedades modernas. Imagen del Research Leap.

Computación cuántica

Hasta hace sólo unos años, la Computación Cuántica (CC), al igual que la Inteligencia Artificial, eran en gran medida material de ciencia ficción, aunque la teoría y la mecánica cuánticas han existido durante aproximadamente un siglo. Ha habido gran controversia en torno a ella, en gran parte porque Albert Einstein rechazó la teoría cuántica como originalmente fue formulada, lo que lleva a su famosa declaración: “Dios no juega a los dados con el universo”.

Sin embargo, hoy en día, el debate sobre la computación cuántica no cuestiona si este tipo de dispositivos entrará en pleno funcionamiento, sino cuándo lo hará. Mientras tanto, otras formas de tecnología cuántica, como los sensores, ya están presentes en ciertas aplicaciones militares y civiles.¹¹

Las computadoras de hoy contienen millones de pequeños transistores que usan cargas eléctricas para almacenar datos en forma de bits. La presencia de una carga corresponde a un número uno (1) y su ausencia a un cero (0); esta información se denomina bit o dígito binario. Las computadoras procesan números representándolos con una serie de bits que pueden activarse o desactivarse individualmente. Por ejemplo, con cuatro bits se pueden representar los números del 0 al 7 como 0000, 0001, 0011, 0111, 1111, 1110, 1100 y 1000. Una computadora convencional procesa estos datos de uno en uno. Sin embargo, cuatro qubits, siendo cada qubits una superposición de 0 y 1, representarán estos 8 números simultáneamente, lo que les permitirá ser procesados en paralelo.

¹¹ Wilson, J.R. The Future of Artificial Intelligence and Quantum Computing. *Military & Aerospace Electronics*. (August 2020) <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14182330/future-of-artificial-intelligence-and-quantum-computing>

El enorme poder de la Computación Cuántica se hace evidente cuando aumenta el número de qubits. Diez qubits permiten el procesamiento simultáneo de 1,023 números. La enorme potencia de cálculo que se espera que alcancen las computadoras cuánticas es alucinante: 20 qubits pueden procesar un millón de cálculos en paralelo; 40 qubits, el número de cálculos paralelos aumentará a un millón de millones. Aunque la creación de qubits que permanezcan entrelazados requerirá el desarrollo de nuevas tecnologías, los investigadores están seguros de utilizar una gran cantidad de qubits para lograr un enorme poder de computación.

En este orden de ideas, los qubits jugarán un papel central en la computación cuántica, porque permitirán el procesamiento paralelo a gran escala. Richard Feynman, experto en computación, sugirió que pequeñas computadoras mecánicas cuánticas podrían simular sistemas cuánticos.¹²

Además del proceso físico de modelado, las computadoras cuánticas batirán cualquier récord en matemáticas. Por ejemplo, podrán factorizar números de 400 dígitos en unos pocos segundos, lo que permitirá descifrar las claves de cifrado utilizadas en la banca, así como cualquier tipo de clave utilizada en la actualidad para encriptar documentos de toda índole. Finalmente, en una computadora cuántica, los bits cuánticos o qubits reemplazan al bit tradicional para permitir el cálculo.¹³

Por otra parte, las instituciones tecnológicas de los Estados Unidos consideran que la Computación Cuántica era un tema desconocido para el público en general hasta hace sólo una década, y ha irrumpido en el imaginario común en los últimos años. Parte de este interés se puede atribuir a las preocupaciones sobre la desaceleración del escalado de la tecnología, también conocida como ley de Moore, que ha impulsado el rendimiento informático durante más de medio siglo, aumentando el interés en la tecnología informática alternativa. Pero la mayor parte de este interés proviene del poder computacional único de una computadora cuántica y el progreso reciente en la creación del hardware, software y algoritmos subyacentes necesarios para que funcione.¹⁴

La CC fue propuesta por primera vez en la década de 1980 como una forma de mejorar el modelado computacional del comportamiento de sistemas físicos muy pequeños (“cuánticos”). El interés en el campo creció en la década de 1990 con la introducción del algoritmo de Shor que, implementado en una computadora cuántica, aceleraría exponencialmente una clase importante de criptoanálisis y potencialmente pondría en peligro algunos de los métodos criptográficos utilizados para proteger las comunicaciones gubernamentales y civiles y el almacenamiento de datos. De hecho, las CC son el único modelo conocido de computación que podría ofrecer una aceleración exponencial con respecto a las computadoras actuales.

¹² Richard Feynman, *Journal Electronic Engineering*. (May 14, 2018) <https://www.eejournal.com/article/richard-feynman-and-quantum-computing/>

¹³ Brian Clegg, “30-Second Quantum Theory. The 50 Most Important Thought-Provoking Quantum Concepts, Each Explained in Half a Minute”. New York, Metro Book - Starling Publishing Co. Inc. 2014.

¹⁴ Grumblin and Mark Horowitz, Editors, National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (2019). *Quantum Computing: Progress and Prospects*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25196>

Como se ha mencionado anteriormente, una computadora clásica usa bits para representar los valores en los que está operando; una computadora cuántica usa bits cuánticos o qubits. El estado de una computadora clásica está determinado por los valores binarios de una colección de bits en cualquier momento; el estado de una computadora cuántica con el mismo número de bits cuánticos puede abarcar todos los estados posibles de la computadora clásica correspondiente, por lo tanto, funciona en un espacio exponencialmente más grande de problemas.

El marco de tiempo para crear una gran computadora cuántica con corrección de errores es difícil de predecir y siempre será arriesgado. Predecir el futuro se puede intentar cuando el producto de interés es una extrapolación de los dispositivos actuales que no abarcan demasiados órdenes de magnitud. Sin embargo, para crear una computadora cuántica que pueda ejecutar la clave privada en un mensaje encriptado RSA de 1,024 bits, es necesario construir una máquina que sea más de cinco órdenes de magnitud mayor y que tenga tasas de error de aproximadamente dos órdenes de magnitud o menos que las máquinas actuales, además del algoritmo y el software para admitir esta máquina. Por lo tanto, se hace imposible proyectar el marco de tiempo para una gran computadora cuántica.

En relación con la ciberseguridad, la construcción de una gran computadora cuántica de propósito general puede ser un riesgo por el potencial colapso de la infraestructura criptográfica de clave pública que sustenta gran parte de la seguridad de la infraestructura electrónica de información y comunicación actual. Superar el cifrado RSA de 2,048 bits utilizando las técnicas informáticas clásicas más conocidas con el mejor hardware disponible es totalmente inviable, ya que la tarea requeriría billones de años. Por otro lado, una computadora cuántica de propósito general con alrededor de 2,500 qubits lógicos podría realizar esta tarea en unas pocas horas.

Una computadora cuántica que puede descifrar los códigos criptográficos actuales necesitaría una década para su desarrollo. El riesgo de una máquina de este tipo es lo suficientemente alto, y el marco de tiempo para la transición a un nuevo protocolo de seguridad es lo suficientemente largo e incierto como para priorizar el desarrollo, la estandarización y el despliegue de la criptografía postcuántica, lo cual es fundamental para minimizar la posibilidad de un potencial desastre de seguridad y privacidad a escala global.

Perspectiva para Latinoamérica y el Caribe en el marco de la tecnología digital convergente

Una vez descrita la convergencia tecnológica y su perspectiva global en la década 2023-2033, enfoquemos nuestro análisis en Latinoamérica y el Caribe. La pandemia de COVID 19, la guerra entre Rusia y Ucrania y las consecuencias políticas, sociales, y económicas revelan una región inadecuada e insuficientemente preparada para la ciberseguridad, lo que representa un desafío creciente para la protección de la infraestructura crítica y la explotación de las redes sociales como las dos principales áreas de enfoque.

Históricamente, Estados Unidos ha apoyado y promovido la democracia y los derechos humanos en la región, pero mantiene su preocupación por los gobiernos autoritarios de Cuba, Nicaragua y Ve-

nezuela, así como por el retroceso democrático y la corrupción en otros países. La ciberseguridad se ha convertido en un factor determinante en todas estas preocupaciones; éstas incrementarán en la próxima década a menos que se ejecute un gran esfuerzo integral en la región, en pro de una mayor cooperación, entendimiento y confianza mutua para el empleo de estas tecnologías digitales emergentes, en el marco del estado de derecho y la democracia liberal.

Conclusiones

La pandemia de la COVID-19, la guerra entre Rusia y Ucrania y la tecnología digital emergente, exponencial, acelerada y convergente, han transformado el centro de gravedad de la geopolítica global. En la actualidad hay tres nuevas tecnologías de la información y la comunicación: Inteligencia Artificial (IA), tecnología inalámbrica 5G y computación cuántica, que constituyen el motor rector de los cambios disruptivos que se están viviendo a escala global.

Estos cambios disruptivos demandan nuevos conceptos de comprensión y limitaciones entre regiones, gobiernos y el sector privado. La mente humana nunca ha funcionado de la manera que exige la era de estas tecnologías convergentes, con sus efectos complejos para la defensa, la diplomacia, el comercio, la atención médica y el transporte.

Estos nuevos conceptos son necesarios porque las novedosas tecnologías plantean dilemas estratégicos, tecnológicos y éticos que cualquier actor o disciplina por sí sola no es capaz de abordar, pues esto no tiene una naturaleza exclusiva de un solo sector tecnológico ni se limita a un nivel nacional o regional, dada la complejidad del problema y la respuesta que debe generar.

La convergencia de tecnologías aceleradas y exponenciales demanda a los estrategas considerar las lecciones de épocas anteriores, ya que deben reconocer que prevalecer requiere una definición de éxito que una sociedad pueda sostener a lo largo del tiempo. Esto, a su vez, requiere responder al tipo de preguntas que eludían los líderes políticos y planificadores estratégicos durante la era de la Guerra Fría y que hoy día persisten: ¿en qué momento la superioridad deja de ser significativa en términos de desempeño?, ¿qué grado de inferioridad seguirá siendo significativo en una crisis en la que cada lado utilizó sus capacidades al máximo?

Para dar respuesta a estas complejas interrogantes se necesita un pensamiento estratégico acorde con la naturaleza de este nuevo espacio cibernético, donde la tecnología acelerada, exponencial y convergente prevalece. Ésta es una realidad que demanda definir un nuevo pensamiento sobre la ética nacional o de servicio, más allá del impulso orgánico, para mejorar los propios intereses, públicos o privados. Por los nuevos roles más amplios e influyentes, que a veces rivalizan con las actividades de sus aliados, esto es algo que un individuo, institución o país por sí solo no es capaz de lograr: se deben definir las capacidades y los propósitos finales del espacio virtual de Latinoamérica y el Caribe para diseñar una estrategia regional, y de esta forma definir cómo interactuarán entre sí los países de la región, y cómo lo harán los diferentes sectores de la sociedad a escala nacional.



**WILLIAM J. PERRY CENTER
FOR HEMISPHERIC DEFENSE STUDIES**
National Defense University
Abraham Lincoln Hall
260 5th Ave. Bldg. 64
Washington, DC 20319-5066