

## ARTÍCULO ORIGINAL

---

### Inteligencia en el campo de batalla\* Intelligence on the Battlefield

Félix Pérez Martínez

Académico de Número Electo de la Sección de Ingeniería de la Real Academia de Doctores de España  
[felix.perez.martinez@upm.es](mailto:felix.perez.martinez@upm.es)

#### RESUMEN

La introducción de las tecnologías digitales está transformando nuestra sociedad desde hace decenas de años y afectando profundamente a todos y cada uno de los sectores económicos y sociales. El sector de la defensa y seguridad y las operaciones militares no han sido ajenos a este proceso. En esta ponencia se reflexiona sobre algunos de los elementos que han caracterizado a un proceso que está viviendo unos momentos de gran turbulencia con la irrupción de la inteligencia artificial (IA), tanto en el ámbito civil como, con más retraso y más prudencia, en el militar. En particular se analizarán las consecuencias de la digitalización de los campos de batalla y las claves tecnológicas que lo han hecho posible y, en base a todo ello, en la parte final de la ponencia se realizará un ejercicio, algo especulativo, de la evolución de los futuros campos de batalla que pasarán de ser digitales a ser inteligentes.

**PALABRAS CLAVE:** Digitalización, inteligencia artificial, sociedad del conocimiento, tecnologías duales, tecnologías disruptivas, combate inteligente.

#### ABSTRACT

The introduction of digital technologies has been transforming our society for decades, profoundly impacting every economic and social sector. The field of defense and security, along with military operations, have not been immune to this process. This presentation reflects on some elements that have characterized a process that is currently experiencing significant turbulence with the irruption of artificial intelligence (AI), in both the civilian and, with a slower pace and with greater caution, in the military domains. Specifically, it will analyze the consequences of battlefield digitization and the technological keys that have made it possible. Based on all of this, the final part of the presentation will engage in a somewhat speculative exercise, envisioning the evolution of future battlefields shifting from digital to intelligent.

**KEYWORDS:** Digitalization, artificial intelligence, knowledge society, dual-use technologies, disruptive technologies, intelligent combat.

---

\* Sesión académica de la RADE celebrada el 29-11-2023 con el título *La tecnología y la innovación en el nuevo contexto geopolítico*.

Bajo este título, Inteligencia en el campo de batalla, voy a intentar exponerles una visión de carácter tecnológico, no operacional, de cómo las tecnologías digitales están definiendo las características de los futuros campos de batalla. Para ello, tras analizar brevemente las razones por las que las tecnologías digitales están transformando nuestra sociedad y por tanto las actividades de la Defensa, describiré la transición de los actuales campos de batalla digitales a los futuros campos de batalla inteligentes.

En un primer apartado describiré brevemente los efectos transformadores de las tecnologías digitales que han permitido pasar de una sociedad industrial a una sociedad que denominamos de la información que, junto con los avances asociados a la aplicación de las tecnologías del transporte, han generado el fenómeno de la globalización en las sociedades modernas.

La Defensa no ha sido ajena a este proceso que ha conducido a la digitalización de los campos de batalla, cuyas claves tecnológicas y consecuencias operativas serán el objeto del segundo apartado.

La irrupción de las aplicaciones de la Inteligencia artificial (IA) no solo supondrá una disrupción en el ámbito civil. En el ámbito de la Defensa ya se está introduciendo estas aplicaciones, a un ritmo mucho más lento, cuyo efecto será la transformación del campo de batalla digital en un campo de batalla inteligente. En el tercer apartado se analizarán algunos aspectos de la transición entre ambos campos de batalla.

Por último, finalizaré esta ponencia con algunas conclusiones y especulaciones sobre la evolución de los futuros campos de batalla.

## **1.- A MODO DE INTRODUCCIÓN: LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES COMO MOTOR DE LA TRANSFORMACIÓN SOCIAL**

---

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que incluyen a la electrónica, como tecnología básica, las telecomunicaciones y la informática, son tres tecnologías con orígenes y desarrollos diferentes pero que en los últimos cincuenta años han estado sometidas a un proceso de convergencia que las ha convertido en factores multiplicativos de las actividades humanas con un formidable potencial transformador que nos permite hablar de una auténtica Revolución Digital. La clave de su convergencia ha sido la digitalización de la información, por eso es frecuente denominarlas tecnologías digitales.

En la figura se representa la mencionada transformación de la sociedad en la que se ha pasado de una sociedad industrial caracterizada por la importancia de la obtención de recursos y la producción de manufacturas a la actual sociedad de la información donde la

obtención y procesamiento de datos es la clave de la evolución social y económica. La gráfica también indica que estamos comenzando una nueva transformación social, también de la mano de las tecnologías digitales, que nos conducirá a la sociedad del conocimiento donde la generación de aplicaciones y algoritmos inteligentes condicionarán su evolución. En la gráfica también se indica que, a partir del año 2040, se iniciará una nueva transformación social que nos llevará a una nueva forma de sociedad que he denominado singular, empleando las acepciones de “extraordinario y raro” que para esta palabra establece el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española.

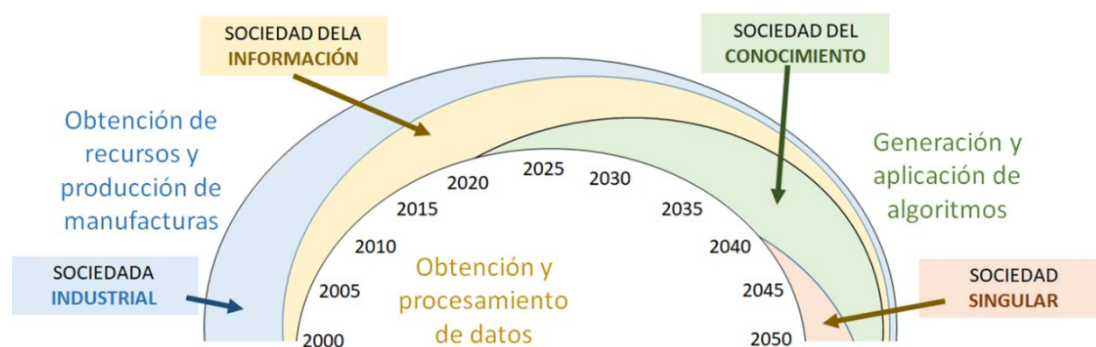


Figura 1. Evolución de la sociedad por la aplicación de las tecnologías digitales.  
(Fuente: elaboración del autor)

El éxito de las tecnologías digitales se ha basado en el desarrollo de la microelectrónica. La capacidad de proceso de un microprocesador depende del número de transistores que contenga y, cuanto más pequeño sea el transistor, el chip podrá ejecutar operaciones más complejas. El “milagro de la microelectrónica” que recoge la Ley de Moore se debe a que las prestaciones de los transistores se incrementan conforme son más pequeños. Además, el coste de fabricación por dispositivo se reduce drásticamente.

Desde hace cinco décadas, han surgido diferentes generaciones de “chips” que contienen cada vez más transistores – a un ritmo exponencial- con mejores prestaciones -también creciendo exponencialmente- en su capacidad de cálculo, reduciendo sus tiempos de proceso en uno o varios órdenes de magnitud, así como su consumo y precio. En estos momentos las anchuras de las puertas de los transistores que se pueden fabricar son del orden de un nanómetro, un tamaño inferior al de muchos virus.

Los dispositivos esenciales que han posibilitado la “revolución digital” han sido los ordenadores personales, redes de comunicaciones digitales (permitieron el desarrollo de internet) y el terminal inteligente (facilitó la movilidad en el acceso masivo a la información). Es relevante darse cuenta de que la “revolución digital”, lo ha sido más por su intensidad de sus efectos que por la rapidez de su evolución. Se han necesitado más de 50 años. Por otro

lado, si continua el crecimiento exponencial de las capacidades de almacenamiento y procesos de datos la irrupción de la IA está asegurada y con ella una nueva transformación social, “una nueva revolución” que nos conducirá a la sociedad del conocimiento. ¿Está asegurado este crecimiento continuo?

Lo cierto es que con las actuales técnicas de fabricación es difícil seguir reduciendo estas anchuras. Sin embargo, la presión de un mercado con ingentes recursos financieros y ávido consumidor de chips con las mejores prestaciones posibles, asegura que este proceso conocido como la ley de Moore no parará. La capacidad de cálculo de los chips seguirá creciendo, para lo que se prevén diferentes alternativas:

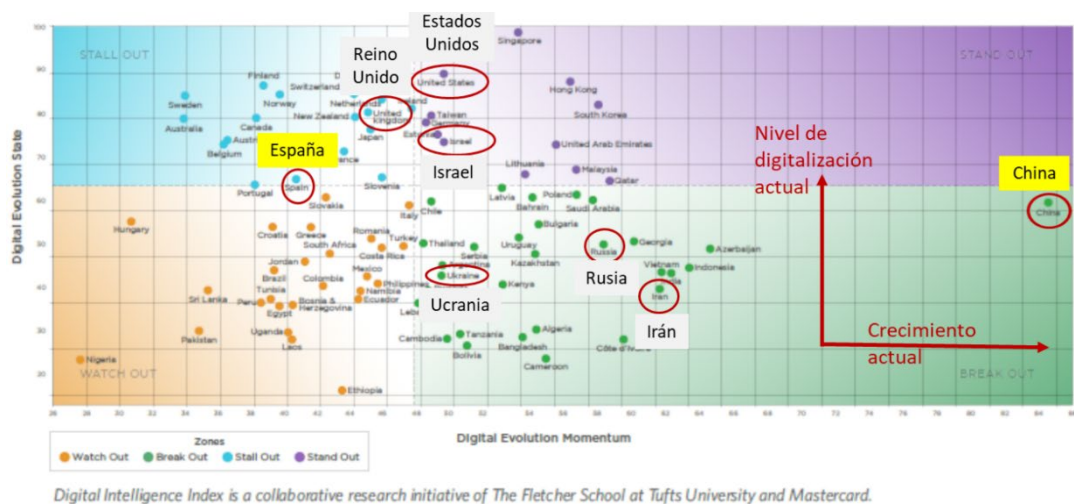
- Utilización de nuevos materiales, como el grafeno y el nitruro de galio (GaN).
- Construir los chips en tres dimensiones, lo que se conoce como un “chip-3D”. Nótese que, en número de transistores elementales por chip se multiplica por el número de capas que se puedan construir.
- Utilización de nuevos conceptos y estructuras, como los chips neuromórficos que, imitando el comportamiento del cerebro, consiguen aumentar la eficiencia de cálculo con menor número de transistores en aplicaciones específicas, por ejemplo, en IA.
- Empleo de técnicas de cálculos de procesamiento distribuido.

Alternativas que permiten asegurar que la Ley de Moore se seguirá cumpliendo hasta lleguen las tecnologías cuánticas.

¿Por qué las tecnologías digitales se introducen y se desarrollan con tanto éxito?, en la actual sociedad de la información se desarrollan lo que denominamos economías digitales. Estas economías tienen una serie de características que favorecen la innovación constante e incluso los cambios en los comportamientos sociales. Estos cambios generan a su vez nuevos modelos de negocio, lo que se ha traducido en el desarrollo exponencial de las mismas. Se trata de un cambio disruptivo que ha afectado y sigue afectando a todos los sectores económicos cuyo paradigma es la presencia de las grandes empresas tecnológicas asociadas al mundo digital en el ranking mundial de empresas por su capitalización bursátil. El poder de estas empresas tecnológicas es enorme. Son capaces de intervenir en las guerras y condicionar sus resultados. Los ejemplos recientes de la intervención de Microsoft en la invasión rusa de Ucrania, protegiendo y asegurando el sistema de información del estado ucraniano o el empleo de los satélites de Starlink que Elon Musk facilitó ucranianos para asegurar las comunicaciones y facilitar unos combates que permitieron frenar el avance del Ejército ruso.

Las organizaciones que no se adapten a las nuevas reglas de juego están llamadas a desaparecer. Es este contexto es en el que aparece la transformación digital como concepto aplicado primero a las empresas y posteriormente al resto de organizaciones públicas y privadas, entre ellas las fuerzas armadas.

En la figura 2 se muestran los niveles de digitalización de los diferentes países (eje de abscisas) y de crecimiento de este nivel (eje de ordenadas) según un estudio realizado por instituciones académicas y financiado por Mastercard. Evidentemente lo mejor es estar en la zona morada, disponer de un elevado nivel relativo de digitalización y estar creciendo. Por el contrario, si se está en la zona naranja la brecha digital con los países más avanzados se estará agrandando.



Digital Intelligence Index is a collaborative research initiative of The Fletcher School at Tufts University and Mastercard.

Fuente: <https://digitalintelligence.fletcher.tufts.edu/trajectory>

Figura 2. Evolución de los campos de batalla por la aplicación de las tecnologías digitales.  
(Fuente: internet)

Se han resaltado algunos países. Nótese donde están España y China, en muy poco tiempo nuestro país estará ampliamente superado por el “gigante asiático”. También se han resaltado los principales países implicados en los actuales conflictos de Ucrania y Oriente Medio cuya interpretación y relación con los actuales acontecimientos dejamos al lector. En todo caso, lo cierto es que sin desarrollo digital en el ámbito civil es muy difícil participar en campos de batalla digitales con éxito pues las tecnologías digitales se introducen más lentamente en el campo militar que en el campo civil, especialmente en un mundo globalizado.

## 2.- EL CAMPO DE BATALLA DIGITAL

La introducción de las tecnologías digitales en el ámbito militar produce efectos similares y podemos establecer, al menos en términos académicos, las tres etapas indicadas en la figura 3.

Hemos pasado de unos campos de batalla donde la superioridad de la fuerza y maniobra era la condición necesaria para vencer a la actual situación, el campo de batalla digital, donde la superioridad de la información es la condición necesaria y pasaremos a una nueva etapa donde la superioridad algorítmica en el conocimiento será la condición necesaria para vencer en los futuros conflictos. Nótese que:

- Los cambios no son drásticos y perduran técnicas y tecnologías anteriores.
- La incorporación de las tecnologías en el ámbito civil es más rápido que en el ámbito militar.



Figura 3. Evolución de los campos de batalla por la aplicación de las tecnologías digitales.  
(Fuente: elaboración del autor)

Estamos en un momento de implantación definitiva del campo de batalla digital y en el año 2035, fecha utilizada por nuestras Fuerzas Armadas como referencia en su proceso de modernización, estaremos en pleno proceso de implantación del campo de batalla inteligente.

Aunque más despacio que en el ámbito civil, las tecnologías digitales se han introducido masivamente en los sistemas de defensa, aumentando la variedad y eficacia de las capacidades militares disponibles. Desde el punto de vista operativo, quizá los cambios más significativos que han producido son:

La aparición de dos nuevos dominios, el ciberespacio y el dominio cognitivo que trabajan con un intangible: la información. Lo que modifica sensiblemente las “reglas de la guerra” tradicionales.

La aparición del concepto de multidominio en el que los dominios físicos, (tierra, mar y aire) se gestionan como un todo por una “Fuerza Conjunta” que aprovecha sus sinergias y se integra con las de los otros dominios –espacio ultraterrestre, ciberespacio y cognitivo- gracias a la conectividad disponible.

Esto se consigue gracias a un conjunto de técnicas y aplicaciones de las tecnologías digitales entre las que cabe destacar, entre un amplio listado, las siguientes: sensorización,

conectividad, IA limitada o débil (ANI), automatización y autonomía con ANI, Procesado distribuido y agilidad. Con ellas se construyen nuevos sistemas de mando y control, de guerra electrónica, de armas, logísticos, de transporte etc., con los que se configura otra forma de combatir como es el caso de la guerra centrada en redes (*Network-Centric Warfare*) o la guerra on-line. Algunos autores ya interpretan muchas de las actuales operaciones militares en la guerra de Ucrania bajo este concepto que no es sino una doctrina militar que intenta traducir la superioridad en la información obtenida con las TIC en una ventaja competitiva mediante una sólida red de fuerzas, geográficamente dispersas, pero bien conectadas e informadas. El concepto de guerra on-line hace referencia a la capacidad de implementar operaciones militares a distancia en los dominios del ciberespacio, cognitivo e incluso físicos (en este caso mediante plataformas no tripuladas o remotamente tripuladas), un concepto que se está empleando desde hace años en el conflicto de Oriente Medio.

### 3.- LECCIONES APRENDIDAS DE LOS CONFLICTOS ACTUALES

---

En un futuro próximo, y me refiero más o menos a un periodo de 10 a 15 años lo que viviremos es la consolidación del campo de batalla digital y su evolución hacia un futuro campo de batalla inteligente.

Las tecnologías digitales siguen evolucionando y lo que caracterizará a la nueva generación de equipos y sistemas será, la adaptación de los procesos de la información a las necesidades individuales y en cada momento de los usuarios de los servicios de información.

Será necesario esperar a que la capacidad y velocidad del procesamiento de datos lo hagan posible y formará parte del proceso que nos conducirá a la sociedad del conocimiento, también denominada ecosistema 4.0, mundo inteligente... en la que las técnicas y los sistemas serán inteligentes y los datos se comparten entre hombres y objetos en un entorno de hiperconectividad.

En la Conferencia de Apertura del Curso Académico 2021-2022 de la Real Academia de Doctores de España. 2021, nuestro académico José Ramón Casar las definió. Son las siguientes:

- Las nuevas tecnologías de telecomunicaciones, en particular, la tecnología de 5G y posteriormente la 6G, que desplegará nuevas infraestructuras de comunicaciones fijas y móviles que facilitaran el intercambio de cantidades masivas de información entre personas, vehículos y miles de millones de dispositivos fijos, con latencias muy bajas cuando sea necesario. Se mantendrán algunas redes específicas con otras tecnologías para aplicaciones especiales y “Back-up”.



- La computación ubicua y distribuida, implementada en el borde de la red cuando sea necesario, y realizada sobre nuevas arquitecturas de nube. El desarrollo de las aplicaciones del “Internet de las Cosas” y el despliegue de las redes 5G y 6G, serán posiblemente los vectores de su rápida expansión.
- La introducción masiva de las técnicas de IA en las aplicaciones, servicios y negocios basados en los datos para incrementar exponencialmente sus capacidades y eficiencias.
- Las interfaces y los nuevos modos “inmersivos” de interacción que junto con lo anterior permitirá la extensión de los sistemas ciberfísicos, los sistemas conectados entre sí y conectados a un mundo virtual de la mano de las redes digitales cuyo objetivo principal es controlar e interactuar con un proceso en el mundo físico y adaptarse a la evolución de sus condiciones en tiempo real.

Aunque como puede observarse la nueva disrupción se debe a una conjunción de innovaciones con base en la microelectrónica en diversos ámbitos, lo cierto es la IA es la que más se aprovecha de estos cambios, incrementando exponencialmente sus prestaciones. Bajo las siglas IA se recogen muchas aplicaciones, tales como aprendizaje automático y aprendizaje profundo, visión artificial, procesamiento de lenguaje natural, razonamiento automatizado para la toma de decisiones, robótica, vehículos no tripulados y un largo etc. Son aplicaciones muy relevantes tanto en el ámbito civil como militar con un nivel de dualidad altísimo. En el prestigioso informe anual de Gartner sobre tecnologías emergentes ya presentaba hace unos años como una de las tres “megatendencias” que definirían la economía digital en la siguiente década la IA en todas las partes y en los sucesivos informes también el desarrollo y las aplicaciones de las técnicas de IA han sido sus protagonistas.

En efecto, hace solo unos años, la IA demostró sus posibilidades y se introdujo extensivamente. Poco después, se hizo adaptativa, es decir, capaz de monitorizar y aprender de los cambios que se producen en el entorno para reentrenar continuamente los modelos, aprender de los datos nuevos y ajustar sus objetivos.

En el informe Gartner de 2022 se define de nuevo como una de las “megatendencias” para la siguiente década de la economía digital, lo que denomina la automatización acelerada de la IA. Nuevas técnicas que aceleran la creación de modelos de IA especializados, que son desarrollados y entrenados utilizando, a su vez, técnicas de IA. La IA diseña IA. Como resultado las predicciones y decisiones son más rápidas, eficientes y precisas. No es fácil darse cuenta de lo que esto significa, pero obviamente, el papel de los humanos se está limitando a ser consumidores de IA y, en el mejor de los casos, supervisores. Un proceso que produce vértigo. En su último informe la IA generativa es uno de los protagonistas.



La IA se ha vuelto generativa, con solo unas pocas indicaciones de una persona, sus modelos ya generan textos, imágenes e incluso videos convincentes a partir de datos extraídos de internet. En noviembre pasado se lanzó ChatGPT y solo en dos meses consiguió 100 millones de usuarios.

El impacto en los medios de comunicación del ChatGPT, y las reacciones y debates que está suscitando la IA quizá son exagerados, pero demuestran que estamos ante una tecnología disruptiva. A ChatGPT-3 no sólo se le atribuye la capacidad de explicar conceptos científicos complejos mejor que muchos profesores, escribir buena música y elaborar cualquier texto a gusto del usuario, también parece que tiene capacidad de generar código para programas. Algo que, como siempre, tiene muchísimas aplicaciones, tanto para hacer el bien como para hacer el mal. Es sólo el principio, seguirán GPT-4 de “Open AI”, LLaMa de Meta, Bard de Google, entre otros, y multitud de asistentes especializados “open source”: “Open-assistant”, GPT4All, “Alpaca”, “Vicuna”, etc.

Lo que está ocurriendo en estos momentos con el ChatGPT es el indicador de una disrupción que tendremos que asimilar y que desembocará en cambios sociales muy profundos. Es solo el principio, la IA nos dará sorpresas similares en los campos de la visión artificial, robótica, programación, predicción, producción etc.

En un esfuerzo de concisión, podemos definir la evolución de las claves tecnológicas antes expuestas hacia las que definirán los campos de batalla a lo largo de los próximos años.

Sensorización hacia datificación: Estamos datificando la realidad y no solo con sensores electromagnéticos y electroópticos cada vez más eficaces, en términos de alcance, precisión y capacidad de identificación- y de menor coste. Generan datos 7.000 millones de teléfonos inteligentes, 5.000 millones de usuarios de internet y el despliegue del IoT que en un futuro inmediato permitirá configurar centenares de miles de redes con millones de millones de conexiones fiables y segura. Los campos de batalla serán transparentes, lo que definirá si no lo está haciendo ya, formas radicalmente nuevas de combatir.

Conectividad hacia hiperconectividad: La información se modificará mientras recorre las redes para adaptarla a las necesidades del combatiente. Las redes serán inteligentes y jugarán un papel esencial en la consecución de la superioridad de la información La tecnología 5G y 6G se impondrá, habrá un estándar 5G/6G militar que se desplegará en los campos de operaciones junto a otras redes redundantes de menores prestaciones.

Inteligencia, automatización y autonomía de ANI a AGI: Se pasará de la ANI (la IA supera al humano en tareas específicas trabajando con un conjunto de datos grande pero limitado) a la AGI (varias tareas simultáneas con un conjunto ilimitado de datos).

Procesado distribuido hacia procesado cognitivo: Se pasará de un procesado que permite optimizar la interpretación de los datos por los usuarios (los actuales procesados en la nube, en el borde, en la niebla...) a un procesado que interpreta los datos y toma decisiones.

Agilidad hacia inmediatez: Pasaremos de respuestas rápidas a respuestas en tiempo real. El futuro desarrollo de los sistemas hipersónicos y las armas de energía dirigida implicarán una radical disminución en los tiempos de respuesta, acelerando los combates hasta límites en los que el operador humano puede ser superado en su capacidad de reacción. La solución es sacarlo del combate o, en el mejor de los casos, convertirlo en mero supervisor.

Por supuesto hay tecnologías no digitales que juegan y jugarán un papel también decisivo en los futuros campos digitales. Las tecnologías cuánticas, las biotecnologías, las tecnologías hipersónicas, las tecnologías espaciales, las tecnologías cognitivas, etc. impactarán sobre el campo de batalla a más largo plazo.

Existe numerosos estudios que tratan de definir este listado y de determinar cuándo y cómo impactarán en el campo de batalla. Uno de los más conocidos es el de La Organización de Ciencia y Tecnología de la OTAN, en el que, bajo el título “Science & Technology Trends 2020-2040” define las tecnologías disruptivas, aquellas que a medio plazo transformarán los campos de batalla, y las emergentes, las que todavía no están maduras y podrán, -o no- en un futuro ser disruptivas. Entre las primeras se incluyen las tecnologías de datos, IA, autonomía, nuevos misiles e hipersónicas y, por último, las espaciales. Entre las segundas destaca las cuánticas y las biológicas y de potenciación de las capacidades humanas.

Otro estudio muy reciente de la Agencia Europea de Armamento (EDA) titulado “Enhancing EU Military Capabilities beyond 2040”, con algunos matices y más completitud, llega a conclusiones similares definiendo nueve tecnologías clave emergentes y disruptivas en base a la identificación después de identificar siete tendencias que, en opinión de los autores conformarán las capacidades defensivas necesarias más allá del 2040. Entre estas tendencias están: la conectividad multidominio; la superioridad cognitiva; la capacidad de contrarrestar futuros sistemas de armas y la habilitación de los recursos basados en el espacio.

#### **4. ALGUNAS CONCLUSIONES, UNA ESPECULACIÓN Y UNA REFLEXIÓN**

---

A modo de resumen, podemos destacar las siguientes afirmaciones:

- El desarrollo de tecnologías y técnicas para incrementar las capacidades de generación, transmisión, almacenamiento y procesamiento de datos es imparable y no hay ninguna razón para pensar que no lo pueda hacer, como hasta ahora, exponencialmente.

- La irrupción de la IA es inevitable y con ella una nueva transformación social, “una nueva revolución” que nos conducirá a la sociedad del conocimiento. En ella lo característico es que el raciocinio y la toma de decisión que hasta ahora eran en buena medida exclusivas de los humanos pasará a ser ejercida por los algoritmos en un número creciente de ocasiones, relegándonos al papel de supervisores.
- El motor de desarrollo de las tecnologías digitales seguirá siendo el desarrollo de economías digitales globales, pero al ser tecnologías duales determinarán la sustitución del campo de batalla digital por el campo de batalla inteligente.
- A medio plazo, en este nuevo campo de batalla, las tecnologías digitales jugarán un papel esencial, especialmente en el ámbito de los datos, la conectividad y la IA, junto a las otras como las hipersónicas y espaciales.
- Más adelante las tecnologías cuánticas, las biotecnologías o las de potenciación de las capacidades humanas serán muy relevantes.
- Simultáneamente, tecnologías más transversales como las nanotecnologías, impresión 3D, etc. seguirán madurando hasta que se produzca “la tormenta perfecta”.

¿Cuándo se producirá esta tormenta perfecta?, permítaseme una especulación: **cuando converjan las tecnologías cuánticas con las de la IA**. Cuando la capacidad de computación, y por tanto de proceso de datos, se incremente varios ordenes de magnitud, quizá entonces la IA general será una realidad en la mayor parte de las actividades del hombre y la humanidad entrará en una nueva “Era Singular”.

Por último y volviendo a nuestros días, una reflexión final: en los próximos años se producirá una **brecha digital en la IA** entre los países que dispongan de una “Defensa Nacional Inteligente” potente -con unos sistemas militares dotados de IA, personal capacitado para diseñarlos, producirlos y operarlos, y recursos invertidos en su despliegue- y otros que no. **Las decisiones que se tomen ahora definirán a que grupo se pertenecerá en el futuro... y también el peso de cada país en la nueva economía digital globalizada”**