

## CAPÍTULO PRIMERO

# LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA COMO FACTOR ESTRATÉGICO DIFERENCIADOR EN EL SIGLO XXI

*José Manuel Sanjurjo Jul*

### RESUMEN

Afrontamos una época de incertidumbre y confusión, creadas por la confluencia de cambios globales simultáneos, profundos y exponenciales: estamos inmersos en la mayor transformación científica y tecnológica de la historia; asistimos a la evolución del actual modelo unipolar dominado por una única superpotencia, a un orden multipolar en el que el reparto de poder estará más distribuido; nuevos actores irrumpen vigorosamente en el escenario internacional económico, científico y tecnológico; un proceso de globalización cada vez más extenso e irreversible; y una inminente transformación de nuestro actual modelo energético.

El mundo que conocemos está cambiando muy deprisa y esta transformación no va a ser carente de sobresaltos, de inestabilidad internacional y de importantes convulsiones <sup>(1)</sup> de todo tipo.

Mantener la posición estratégica internacional en este siglo, significará, disponer tanto de la capacidad tecnológico-industrial que proporcione la ventaja competitiva en los mercados, como de cierto músculo militar, y ambas capacidades deben ser consecuencia lógica del desarrollo científico, tecnológico y del espíritu innovador y emprendedor de la nación. En otras palabras, el posicionamiento estratégico de una nación, en este siglo dependerá de la combinación de su influencia económica y militar y estas del desarrollo tecnológico y la capacidad de innovación. La historia en el siglo XXI la van a escribir la tecnología y la innovación.

### Palabras clave

**Tecnología, innovación, posición estratégica, ventaja competitiva, defensa, siglo XXI**

---

<sup>(1)</sup> Algunas de las cuales ya se están produciendo en el momento de redactar estas reflexiones.

*José Manuel Sanjurjo Jul*

**ABSTRACT**

We are faced with a period of uncertainty and confusion, created by the confluence of simultaneous, profound and exponential global change: we are currently undergoing the greatest scientific and technological transformation of human history, witnessing the evolution of the current unipolar model dominated by a single superpower to a new multipolar model in which power is wider spread. New players have burst onto the international economic, scientific and technological stages, resulting in a process of globalisation that is ever more extensive and irreversible and an imminent transformation of our energy model.

The world we know is changing very quickly and this transformation will not be without upheavals, international instability and confusion of all kinds.

Maintaining a strategic international position this century will mean having both sufficient technological-industrial capacity that ensures a competitive advantage in the marketplace, as well as military muscle. Both aspects should be a logical consequence of scientific and technological development and an innovative forward-thinking business spirit in the country as a whole. In other words, the strategic positioning of the nation will depend this century on a combination of its economic and military influence, whilst these will depend on technological development and a capacity for innovation. The history of the 21st century will be written by technology and innovation.

**Key words**

**Technology, innovation, position strategic, competitive advantage, defence, 21st century**

## ■ INTRODUCCIÓN

### ■ Competir en una era de cambio e incertidumbre

Nos ha tocado vivir una época histórica en la que confluyen varios cambios simultáneamente. En el orden internacional, la transición de un sistema unipolar bajo la supremacía de los Estados Unidos a otro multipolar aún en gestación; un proceso de globalización económico y cultural; un profundo cambio tecnológico que impulsa la transición de la era industrial a la era de la información y del conocimiento; un ciclo de desaceleración en las economías occidentales (en especial a las de los países de la zona euro), y una transformación del modelo energético actual. Todo esto, en un planeta estresado por un aumento exponencial de la población y sometido a un cambio climático, cuyas causas y efectos aún no comprendemos en su totalidad. Estos cambios, muchos de los cuales están íntimamente interrelacionados, irán configurando a lo largo del siglo el mundo en que las naciones tengan que competir.

Competir internacionalmente en el siglo XXI significará pujar por mantener o mejorar la posición en el dinámico escenario internacional. El previsible escenario, en el que ya están irrumpiendo con vigor nuevos actores que reclaman su puesto en el concierto de naciones, será el resultado de profundos cambios en el sistema económico internacional que harán que la competición sea dura y reñida.

En el aspecto de seguridad, el panorama internacional que se perfila estará presidido por la inestabilidad y la incertidumbre. Por eso, en este siglo, continuará siendo imprescindible para asegurar la posición estratégica internacional disponer tanto de músculo económico, como de músculo militar, y ambos deben ser consecuencia lógica del desarrollo científico, tecnológico y del espíritu innovador y emprendedor de la nación. *En otras palabras, el posicionamiento estratégico de una nación, en este siglo dependerá de la combinación de su influencia económica y militar.*

En el caso particular de España, mejorar o conservar su actual posición relativa en este escenario internacional, pasará, primero por mantener una ventaja competitiva cultural, comercial e industrial en el exterior y en el interior, y segundo por disponer de los medios de defensa y seguridad que, en primer lugar, nos aseguren la consecución de nuestros objetivos nacionales y la protección de los intereses propios, y simultáneamente nos permitan contribuir equitativamente a las alianzas militares a las que pertenecemos o pertenezcamos en el futuro.

### ■ La bola de cristal

Sería arriesgado, pretencioso e imprudente por mi parte, intentar predecir cuál será la evolución precisa del entorno estratégico durante el presente siglo, tanto

en sus aspectos industrial, económico y tecnológico, como en el de la defensa y de la seguridad. Hay en el horizonte demasiadas incógnitas, variables y posibles puntos de discontinuidad en el proceso, que según en qué dirección cambien o fluctúen, pueden conducir a escenarios que resultarían complemente diferentes (con la aparición de distintos centros de poder, de nuevas relaciones políticas y comerciales y nuevas alianzas de seguridad). Existe unanimidad en los diferentes estudios estratégicos que se han publicado recientemente<sup>(1)</sup> de que entramos en una era de incertidumbre y de profundas transformaciones, y si se me permite la frivolidad, lo que sí se puede afirmar sin demasiado margen de error, es que el XXI, va a ser cualquier cosa menos un siglo aburrido.

Si bien tratar de predecir el futuro es un ejercicio acientífico y estéril, no lo es analizar los potenciales escenarios según la excursión de las variables que los condicionan, porque ello nos permitirá planificar para los que consideremos más probables, y tener listas estrategias de contingencia para los que, aun siendo menos probables, son posibles y, en ambos casos, tratar de prevenir y de influir en las variables que más inciden en el resultado. El análisis de tendencias sigue siendo una herramienta racional para afrontar esta era de incertidumbre.

Con las actuales tendencias en la mano, lo que podemos pronosticar, es que la competición internacional, –en el más amplio significado del término–, se librará en un mundo más global, cada vez más tecnificado, más impredecible en el aspecto de seguridad, más multipolar, con nuevas potencias emergiendo (China, India...) y otras en franca retirada, y con la creciente influencia de actores no estatales como grupos religiosos, étnicos, crimen organizado, terrorismo, etc.; un mundo en el que la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la innovación serán los factores clave para mantener la ventaja competitiva de las naciones.

Aun dejando aparte los posibles puntos de discontinuidad provenientes de las zonas endémicas de conflictos del planeta –que pueden desembocar en guerras con utilización de armamento nuclear que, en determinados casos, podrían acarrear la alteración brusca del flujo de combustibles fósiles– el futuro estará caracterizado por el cambio y el previsible desplazamiento del centro de gravedad económico y de poder hacia el sureste del Pacífico, desplazamiento que producirá las lógicas turbulencias e inestabilidades.

Hacia el 2025 la población del planeta se habrá incrementado en más de 1.000 millones de habitantes, lo que supone una considerable presión adicional sobre los recursos planetarios. Hacia la misma fecha, previsiblemente nuestro actual modelo energético habrá entrado en crisis. Como telón de fondo a estos cambios, existen innegables evidencias de que se está produciendo un incremento de la temperatura media del planeta, o dicho en términos termodinámicos, está aumentando la energía interna de la atmósfera con consecuencias que aún no entendemos del todo, pero que inevitablemente tendrá un efecto en la produc-

---

<sup>(1)</sup> Yo destacaría el *Global Trends 2025, Atransformed World* del National Intelligence Council

ción de alimentos, en los transportes y en que dejen de ser habitables ciertas partes del globo, lo que acarreará movimientos masivos de poblaciones.

El tema no es trivial ya que si no fuésemos capaces de mantener nichos de ventaja competitiva en este nuevo mundo que se está configurando, estaríamos poniendo en peligro nuestro bienestar, nuestro estándar de vida, nuestra posición en el orden internacional y en último extremo nuestra libertad. Mantener la ventaja competitiva individualmente como nación y como parte de las organizaciones supranacionales a las que pertenezcamos será un tema de supervivencia.

El hilo conductor de mi contribución será, primero definir el escenario mundial desde la perspectiva de la economía y de la seguridad, para después pasar a analizar con más detalle el panorama tecnológico y su previsible evolución. Seguidamente, proceder a identificar los mecanismos de la ventaja competitiva, con especial atención a la tecnología e innovación para, a continuación, pasar a analizar el impacto de la previsible evolución tecnológica en la competición industrial y de la defensa.

Para concluir, la tesis final será, que para España, la única opción viable, es buscar la ventaja competitiva sostenible en la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la innovación, concentrándose en aquellas áreas que le sean más propicias por su cultura, por su tradición, por su situación geográfica, por sus recursos, y por su tejido social e industrial. Y que basar la competición en la tecnología y en la innovación, no solo requerirá mejorar los procesos de generación del conocimiento, sino crear y optimizar nuevos procesos de integración y explotación del mismo.

## ■ EL ESCENARIO, INTERPRETANDO LAS TENDENCIAS

### ■ El escenario global

Creo que una reflexión sobre el papel que la tecnología y la capacidad de innovación jugarán en mantener la ventaja competitiva en este siglo<sup>(2)</sup>, requiere primero entender en qué campo tendrá lugar la dura competición internacional. Como ya dije en la introducción, sería pretencioso predecir la evolución del escenario internacional del presente siglo en toda su extensión, por eso se impone acotar el problema circunscribiéndonos al periodo más limitado del 2025/2050, periodo que es la referencia temporal a la que la mayoría de analistas suelen referirse. En ese periodo más concreto, aún podrán ser válidas muchas de las extrapolaciones que hagamos basadas en las tendencias actuales, y eso nos permitirá analizar la influencia que tendrán la tecnología y la

---

<sup>(2)</sup> Quiero alertar al lector, para evitar confundirlo, de que parto de la hipótesis de que el peso estratégico que tenga una nación es función directa de su ventaja competitiva a nivel mundial.

innovación a la hora de determinar –si se me permite el símil futbolístico– qué naciones seguirán jugando en la primera división, cuáles descenderán y cuáles subirán de división.

- *Un sistema en evolución*

A la hora de leer la bola de cristal, como hipótesis de trabajo, suponemos que el proceso de evolución de lo que llamamos sistema internacional seguirá una progresión continua –aunque no lineal– es decir, que no se producirán discontinuidades que alteren de tal manera la trayectoria del proceso, que hiciesen imposible cualquier prognosis. El lector es consciente de que pueden producirse acontecimientos imprevisibles de todo orden, catástrofes naturales, pandemias, derrocamientos de regímenes, guerras locales de alta intensidad, etc., cuya probabilidad es baja, pero que de ocurrir, sus consecuencias en un mundo tan interrelacionado serían muy graves e invalidarían cualquier predicción basada en la hipótesis de la continuidad.

Si desestimamos estos potenciales puntos de discontinuidad –que como dije, de producirse podrían conducir a escenarios impredecibles–, el sistema internacional seguirá la evolución, de acuerdo con las actuales tendencias, hacia un mundo en que el poder, en todos sus aspectos, estará más distribuido alrededor de nuevos polos de influencia, es decir un mundo multipolar. Entre los nuevos centros de poder y de influencia se perfilan las naciones denominadas BRIC<sup>(3)</sup> y de ellas destacan como nuevas potencias tecnológicas, económicas y militares, China e India, con las que necesariamente habrá que contar en el futuro.

Aunque la primera mitad del siglo XXI va a seguir siendo un siglo «americano», la influencia relativa de los EE.UU. en el nuevo mundo será menor, el enorme coste de ser la única potencia global –como siempre ha ocurrido en la historia– terminará pasando factura. Pero en términos de ciencia, tecnología e innovación, el liderazgo de los EE.UU. seguirá siendo indiscutible durante décadas, aunque en muchos campos, los competidores ya han comenzado a reducir distancias.

Otra tendencia en la que coinciden todos los analistas, es la creciente influencia que en el ámbito internacional tendrán distintos grupos no estatales supranacionales, con fines y objetivos tan diversos como pueden ser el de las bandas de crimen organizado, o de grupos terroristas, ecológicos, religiosos y «antisistema».

Como consecuencia de este proceso global de evolución, es muy posible que al final del periodo 2025/2050 no queden ni siquiera vestigios del sistema internacional que se diseñó al final de la Segunda Guerra Mundial.

Una discontinuidad predecible, yo diría que inevitable, que implicará enormes consecuencias políticas y económicas, –en la que el papel de la tecnología será de-

---

<sup>(3)</sup> Brasil, Rusia, India y China

terminante—, será el cambio de nuestro actual modelo energético. Nuestra civilización se basa en el espejismo de un suministro interrumpido de petróleo a un precio razonable, en el que la demanda y el suministro se auto equilibran. Es evidente que es cuestión de tiempo que este sistema colapse más o menos abruptamente.

Si políticamente se decidiese buscar una solución tecnológica al problema, —que probablemente ya llegase tarde para el momento en que la demanda de combustibles fósiles líquidos y gaseosos sobrepase a la oferta de suministro— y las economías desarrolladas dejasen de depender del petróleo, las consecuencias económicas y políticas para los países productores serían enormes, pero también lo serían para los flujos internacionales de capital en las inversiones, etc. Este será uno de los aspectos en el que los avances tecnológicos tengan mayores repercusiones estratégicas en el presente siglo.

### ■ El cambio en el sistema económico

El mayor cambio en el horizonte temporal que estamos considerando será el creciente peso relativo en la economía mundial de los países BRIC<sup>(4)</sup>. Hacia el 2040, el PIB del conjunto de estas cuatro naciones igualará al de las naciones del G7 y esta es una realidad que no puede ignorarse ya que tendrá importantes implicaciones en la economía internacional

Pero hay otro aspecto de la ascensión de los países BRIC que conviene tener presente y es que, las naciones occidentales, que siempre hemos preconizado un sistema económico basado en el libre mercado tendremos que competir con los sistemas económicos híbridos de estos países: el capitalismo estatal<sup>(5)</sup>. Un tema importante, porque mantener una ventaja competitiva en los mercados de estos países, trascenderá la pura competitividad de las empresas, para trasladarse en algunos aspectos de la competencia al ámbito de los gobiernos y de los Estados.

Otra consideración que no podemos obviar, será la incorporación de una buena parte de las poblaciones de China, India y Brasil a una economía de consumo y el creciente proceso de urbanización que está teniendo lugar en estos países, que supondrá una enorme presión sobre los recursos de materias primas, energía, alimentos y agua. (Esto sin tener en cuenta el incremento de la población mundial en 1.000 millones de habitantes para el 2025).

### ■ La evolución del escenario de la Defensa y Seguridad

No deberíamos asumir que una evolución tan extensa y profunda vaya a ser pacífica y carente de conflictos: un cambio de esta naturaleza en un periodo

<sup>(4)</sup> Según el informe *Global Economics Paper N° 99 October 2003*. Goldman Sachs, China sobrepasará el PIB de los EEUU en el 2030 y a Japon en el 2015; India sobrepasará a Japon en el 2025

<sup>(5)</sup> En la literatura académica se conoce como «state capitalism»

relativamente corto de tiempo, inevitablemente generará tensiones, vacíos de poder transitorios, reclamaciones territoriales, flujos masivos de población, etc. Cuando se analiza el Conflict Barometer Report<sup>(6)</sup>, no se puede ser optimista en lo referente a la tendencia del panorama futuro de la seguridad. Según dicho informe el número de conflictos no ha cesado de aumentar en los últimos años, y todo parece indicar que no avanzamos hacia un planeta más pacífico y estable, sino más bien todo lo contrario.

Un sistema multipolar en el que diversas naciones con intereses encontrados compiten por su parte de poder internacional, en el que grupos transnacionales tienden a tener más poder será, inevitablemente, más inestable y más impredecible que el sistema unipolar que hoy conocemos. Por otra parte, zonas del planeta en las que estados débiles solían estar bajo el control y la protección de uno de los bloques, paulatinamente se están quedando a merced de grupos terroristas, de traficantes, de piratas<sup>(7)</sup>, etc.

Pero, resulta aún más preocupante que un panorama internacional más confuso con el poder más distribuido y menos definido pueda propiciar que alguna nación por motivos políticos, ideológicos, o religiosos caiga en la tentación de recurrir a una confrontación a gran escala, con la posibilidad de que desemboque en un conflicto con empleo de armas WMD<sup>(8)</sup>. Un conflicto de esta naturaleza podría tener consecuencias impredecibles para el orden internacional y la economía mundial, máxime porque esta situación podría afectar dramáticamente al normal suministro de hidrocarburos.

Si tuviésemos que resumir el previsible panorama para el periodo que nos hemos impuesto, deberíamos admitir que las probabilidades de una confrontación de alta intensidad han disminuido significativamente (si descartamos las áreas endémicas de conflicto larvado que podrían desembocar en un guerra de impredecibles proporciones). Pero, por el contrario, aumentará el número de conflictos de bajo-medio nivel, en los cuales será más frecuente la intervención de grupos no estatales y el empleo de tecnología casera con tecnología sofisticada. Nuestras fuerzas tendrán que estar dotadas para este tipo de guerra híbrida.

## ■ EL ESCENARIO TECNOLÓGICO, INMERSOS EN UNA ERA DE CAMBIO

Una vez analizado el previsible panorama económico y de seguridad, le toca ahora el turno al escenario científico y tecnológico, al que, dado el objeto del presente trabajo, lógicamente dedicaremos una especial atención.

---

<sup>(6)</sup> Heidelberg Institute for International Conflict Research

<sup>(7)</sup> Según el International Maritime Bureau, en el 2006 los piratas capturaron un total de 188 rehenes, en 2010 el número de rehenes capturados fue de 1181

<sup>(8)</sup> Weapon of masss destruction (WMD por sus siglas en inglés): armas de destrucción masiva.

## ■ Un mundo en evolución tecnológica

A fuerza de repetirlo se está convirtiendo en un tópico, pero que el mundo está cambiando, no lo es en absoluto. Nos encontramos inmersos en la mayor transformación científica y técnica de la historia de la humanidad, una transformación sin precedentes por su extensión, por la índole de los cambios y por la rapidez con la que se están produciendo.

Un cambio que no está siendo ni lineal, ni continuo, ni homogéneo en todas las disciplinas científicas, ni en todas las áreas técnicas, ni en todas las regiones geográficas y menos aún, lo está siendo en los diferentes sectores industriales. Incluso en las naciones desarrolladas como la nuestra, conviven actualmente centros de producción de la era industrial con centros de la era de la información y del conocimiento y zonas geográficas que se han convertido en focos de generación de conocimiento, con otras en las que lo que predomina son las actividades basadas en mano de obra intensiva.

El efecto inevitable de ese cambio desigual en el tejido industrial y tecnológico, es un flujo centrífugo de las actividades de producción herederas de la Revolución Industrial –que en general están basadas en el empleo intensivo de mano de obra de baja-media cualificación– desde las zonas desarrolladas, hacia zonas con abundante mano de obra disponible y con salarios más bajos. Del mismo modo, se está produciendo un movimiento centrípeto de las actividades productivas de la era de la información, hacia *zonas de concentración de conocimiento*, que a su vez generan un tejido industrial de alta tecnología y gran valor añadido.

Pero ni siquiera tener centros de investigación o de desarrollo de primera línea puede asegurar el desarrollo y la creación de empleo. Si se quiere que la tecnología y la innovación generen puestos de trabajo en una nación, es necesario disponer de una fuerza de trabajo con la educación y formación adecuada a la nueva economía basada en el conocimiento.

Estos fenómenos, aunque son eminentemente sociales y afectan a la totalidad de un país, tienen una importancia específica en la base industrial de la defensa, ya que, en general, las plataformas navales y terrestres se producen en centros de la era industrial, mientras que las plataformas aéreas y los sistemas se producen en industrias de la era de la información. Volveré más tarde sobre este tema.

En nuestra sociedad, la transformación técnica y científica afecta a todos los ámbitos de la actividad humana. La tecnología, controla nuestra salud, nuestro dinero, nuestras comunicaciones, educa a nuestros hijos, nos transporta alrededor del planeta, nos alimenta, ocupa nuestro ocio, se ha hecho imprescindible.

ble para el desarrollo de nuestra vida profesional y vela por nuestra defensa. Vivimos ya en una civilización tecnológica y cada vez dependeremos más de maquinas, que paulatinamente irán aumentando su inteligencia sintética y se comunicarán directamente entre sí por medio de la red<sup>(9)</sup>.

La percepción de cambio que tiene el ciudadano de la calle –que no es más que la punta del iceberg– la tiene por los artefactos que el mercado de consumo pone a su disposición: el ordenador personal cada vez más potente, conexión a Internet con cada vez mayor ancho de banda, redes wi-fi omnipresentes, etc., pero sobretodo, el teléfono móvil, que hoy forma ya parte imprescindible de nuestra vida. Muchas de estas innovaciones, lo que nos proporcionan es una «conectividad» que era impensable hace solamente unos pocos años, que no solo nos facilita la comunicación inalámbrica entre personas, sino que también nos permite acceder a almacenes de información y conocimiento a nivel planetario. Es esto, la integración del conocimiento, lo que realmente está cambiando la sociedad<sup>(10)</sup>. ¿Pero, nos hemos parado a meditar cuál es el verdadero motor de este cambio?

### ■ El motor del cambio

El cambio al que estamos asistiendo es mucho más que un desarrollo espectacular de las tecnologías de la información y la posibilidad de tener teléfonos móviles más o menos capaces, iPhones, iPads, televisión a la carta, y toda una gama de artilugios y servicios similares. A lo que realmente estamos asistiendo, es al efecto de la acumulación exponencial del conocimiento codificado de la humanidad, que en combinación con la facilidad para difundirlo y la posibilidad de acceder a él desde cualquier lugar del planeta –desde incluso un teléfono móvil–, está transformando profundamente nuestra sociedad. Este proceso acumulativo y realimentado de generación, integración y difusión del conocimiento tiene un efecto multiplicador que producirá avances, –que aunque de momento no sean tan visibles–, generarán cambios globales mucho más profundos a lo largo del siglo.

Hace dos décadas se estimaba que el conocimiento humano se duplicaba cada diez años (hoy probablemente se duplique cada bastante menos) ¿Por qué se está produciendo la acumulación del conocimiento de forma geométrica? La razón es que hoy disponemos de la tecnología para almacenar cantidades ingentes de información, procesarla en periodos muy cortos y distribuirla globalmente y casi instantáneamente a cualquier parte del planeta; en otras palabras nos estamos *digitalizando globalmente*.

<sup>(9)</sup> El concepto de un Internet de los objetos, o lo que se conoce en el mundo anglosajón como el IOT (Internet of Things).

<sup>(10)</sup> Mientas que escribo estas reflexiones en mi portátil puedo estar accediendo a la Librería de Congreso (el mayor deposito del Conocimiento codificado de la humanidad) para comprobar referencias. ¿No es esta una verdadera revolución cultural?

El proceso acumulativo y exponencial de creación de conocimiento –en cuyo núcleo está la digitalización– será lo que acabe desembocando en el siglo XXI en una revolución tecnológica global, que será la que realmente determine la posición estratégica de las naciones según cuál sea su capacidad para gestionar el cambio. El siglo XXI será un siglo digital.

Para entender el verdadero efecto de la digitalización, permítaseme citar a Nicholas Negroponte<sup>(1)</sup>, que enunció en su famoso libro «Being Digital» que el principio filosófico de esta revolución era simplemente «*cambiar átomos por bits*». Es decir, transferir a formato digital electrónico, bits, todo lo que hoy manejamos en el formato físico, átomos. No quiero excederme en este tema, pero creo que es muy obvio que el formato físico pierde importancia a pasos agigantados: el periódico en papel, el CD, el libro impreso, las cartas, las facturas, el manual de instrucciones, etc. Los átomos pierden terreno a favor de los bits. Pero la digitalización es más que un cambio de formato, es también transferir la funcionalidad que tradicionalmente se realizaba con elementos mecánicos al mundo de los bits.

Sin embargo, el verdadero efecto revolucionario de la digitalización es el impacto que el crecimiento de la potencia de proceso tiene en el desarrollo de numerosas disciplinas de la ciencia y de la ingeniería, lo que podíamos definir como la capacidad de generar conocimiento mediante bits. Hoy, no existe ni una sola disciplina científica o técnica que no dependa de técnicas digitales para su avance. Piénsese que sin la digitalización a gran escala hubiera sido imposible descifrar el genoma humano o simular el comportamiento físico de diseños como aviones, buques, puentes, edificios, etc.

Aunque yo me atrevería incluso a ir un paso más lejos que Negroponte y enunciar que esta revolución no se limita únicamente a cambiar átomos por bits, sino a la de «*cambiar neuronas por bits*». Es decir, transferir funciones mentales humanas a procesadores digitales. Y aquí entra en escena uno de los temas fundamentales de la revolución digital que va tener el efecto más profundo en los cambios que veremos en este siglo, la explosión del empleo de la *inteligencia artificial (sintética)*. Cuando trate el tema de la automatización y robotización volveré al tema en la influencia de la tecnología en la Defensa. Y aún hay un paso más inquietante, en el que no creo que deba entrar en este trabajo, –un terreno lleno de arenas movedizas– que es el de la *integración de neuronas y bits*.

¿Por qué ocurre precisamente ahora la revolución digital? La respuesta es simple, por la Ley de Moore. El núcleo de la revolución digital, lo que realmente la hace posible, es el microprocesador. Este componente, sigue una línea evolutiva que se remonta al descubrimiento del transistor en 1947 que

---

<sup>(1)</sup> Fue director del MIT Lab del Massachusetts Institute of Technology. Autor del libro *Being Digital*

sigue en 1959 con la fabricación de los primeros transistores con tecnología «waffer», en 1961 con el primer circuito integrado en una oblea que marca el comienzo de la fabricación de microprocesadores. La evolución de los microprocesadores de 4 bits a los actuales de 64 bits ha supuesto un paso gigantesco en la capacidad de proceso. En 1965 Gordon Moore enunció su mítica ley en la que predecía que la capacidad de proceso de estos componentes se duplicaría cada dos años. Y no es solo que creciese exponencialmente, es que el precio de un MIPS<sup>(12)</sup> ha descendido también exponencialmente, hasta el punto de hacer asequible al consumidor medio disponer de capacidad de proceso a precios razonables, lo que hace una década era únicamente asequible para una institución oficial.

Lo sorprendente es que esta ley, que se sigue cumpliendo para los microprocesadores, también se cumple para los demás componentes electrónicos básicos, sensores, pantallas, etc., lo que explica el crecimiento exponencial que a su vez se ha producido en diversos campos de la ciencia, la técnica y la ingeniería que dependían de disponer de la necesaria potencia de cálculo para su desarrollo<sup>(13)</sup>.

Moore solamente se refería en su ley empírica al crecimiento de las prestaciones del soporte físico (hardware), sin embargo la parte visible de la capacidad de los ordenadores es el soporte lógico (software). ¿Pero puede el desarrollo de software, seguir a Moore? Fue Nathan Myhrvold el que vino a darle la réplica a Moore enunciando que «el software crece en tamaño y complejidad a una velocidad superior a la ley de Moore». Ya tenemos al hardware y al software creciendo exponencialmente.

### ■ Las tecnologías que proporcionaran la ventaja competitiva en el siglo XXI

- *Las otras revoluciones; las tecnologías que van a cambiar el mundo*

El lector puede consultar numerosas fuentes solventes en las que se identifican las tecnologías críticas que tendrán verdadero impacto en el presente siglo<sup>(14)</sup>. Las fuentes son muy variadas, y también son distintos los enfoques, pero en general existe una cierta unanimidad a la hora de señalar cuáles de ellas van a experimentar un desarrollo espectacular, como por ejemplo las biotecnologías,

<sup>(12)</sup> Millions of Instructions per Second = Millones de instrucciones por segundo.

<sup>(13)</sup> Sin embargo fue el propio Moore el que alertó que si no se cambiaba radicalmente de tecnología de fabricación de microprocesadores se estaba llegando a los límites de la física y su ley podría dejar de cumplirse alrededor del 2020 (PUNTO DE DISCONTINUIDAD CRÍTICO). Sin embargo la experiencia demuestra que el crecimiento de la tecnología en su conjunto es exponencial, y cuando una se agota y llega al límite de sus posibilidades, otra toma el relevo. De hecho en este tema hay ya varios candidatos compitiendo para el fabuloso premio del relevo.

<sup>(14)</sup> El lector puede consultar numerosos informes sobre futuras tendencias tecnológicas, por citar uno de ellos «Disruptive Civil Technologies» del National Intelligence Council es un buen ejemplo.

las energías renovables, los biocombustibles, las tecnologías para el almacenamiento de energía, la robótica, la nanotecnología, y la nueva generación de Internet de las máquinas y los objetos.

No es ni mucho menos mi intención y creo que se saldría fuera del alcance de estas reflexiones, realizar un análisis sistemático y pormenorizado de las tecnologías individuales que tendrán un efecto determinante en este siglo, pero sí creo que para entender cómo la ciencia y la tecnología van a contribuir a definir el reparto de poderes e influencia, es necesario analizar la estructura de los diferentes clusters de tecnologías que van a ser críticas a la hora de perfilar el futuro. Porque todo indica que estamos entrando en una fase totalmente nueva de desarrollo tecnológico de consecuencias impredecibles, que afectarán fundamentalmente al actual orden internacional.

Creo que ya ha quedado lo suficientemente claro que en el núcleo de la gran transformación científico-tecnológica que se vislumbra en las próximas décadas, seguirá estando la digitalización. Internet está evolucionando hasta convertirse en una red, no solo de ordenadores sino también de máquinas y objetos, un cambio del que no me atrevo a adelantar las consecuencias.

En un mundo dominado por la tecnología, no nos debería de sorprender que los atributos que son necesarios para mantener la ventaja competitiva en el mundo civil comercial sean prácticamente los mismos que, como veremos más adelante, necesitará nuestro combatiente digital. En la sociedad civil, los factores críticos serán la conectividad, la automatización y robotización y la movilidad. De todos ellos, el atributo determinante en este siglo será la conectividad, no como un elemento para mejorar la capacidad de comunicación entre individuos, o para satisfacer sus necesidades de ocio, sino como el factor clave para lograr la ventaja competitiva global. Una sociedad que no entienda y no asimile el valor dominante de la conectividad en la competición internacional tendrá la partida perdida de antemano.

La conectividad, en un mundo digital, era en principio, la capacidad de transferir la máxima cantidad de bits entre los productores, las bases de datos y los distintos utilizadores. Pero este contexto irá evolucionando a medida que lo hagan, impulsadas por los continuos avances de la digitalización, el concepto de plataforma única de comunicación, el interfase hombre-máquina, la capacidad de procesamiento distribuida «on demand» e Internet. El otro aspecto que influenciará la evolución de la conectividad será, como es lógico, el desarrollo de las infraestructuras tanto del segmento terrestre como del segmento espacial. Creo innecesario subrayar que posicionarse en todos los clusters tecnológicos relacionados con la conectividad será un factor diferenciador en la competición internacional.

Junto a las tecnologías relacionadas con la conectividad, existe una constelación de tres clusters tecnológicos, íntimamente interrelacionados que van a jugar un papel determinante en la revolución tecnológica global de este siglo: *biotecnologías*, *nanotecnologías* y *las tecnologías de nuevos materiales*. De la combinación de los resultados del desarrollo de estos clusters tecnológicos van a salir las soluciones a muchos de los problemas y a las crecientes necesidades que se le plantearán en un planeta superpoblado que afronta un cambio climático y la carencia de materias primas y recursos naturales. Pero es que además, las innovaciones que se produzcan en esta constelación de tecnologías van a proporcionar una ventaja competitiva considerable en campos como la energía, el manufacturado, etc., es decir, una dominante posición estratégica en relación a sus competidores en segmentos críticos.

Un área que requiere especial mención es el de la energía en general. El modo en cómo se gestione la tecnología para efectuar el inevitable cambio de modelo energético alrededor del 2030 va a ser determinante para muchas naciones. Conseguir el equilibrio óptimo de la triada del sector energético: seguridad de suministro, sostenibilidad y competitividad, exigirá la revolución técnica en sistemas de distribución inteligentes, innovación en métodos de almacenamiento y desarrollo tecnológicos en generación distribuida.

## ■ **TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y POSICIÓN ESTRATÉGICA EN EL SIGLO XXI**

### ■ **La ventaja competitiva**

Para entender el papel que juegan la tecnología y la innovación en la posición estratégica de una nación es necesario comprender su efecto sobre la ventaja competitiva y la de sus empresas en el escenario internacional.

No creo que hoy en día alguien ponga en duda la correlación existente entre los niveles alcanzados por una nación en ciencia, ingeniería, tecnología, y capacidad de innovación<sup>(15)</sup>, con su crecimiento económico y desarrollo indus-

---

<sup>(15)</sup> Ciencia, ingeniería y tecnología son conceptos que no siempre se utilizan de manera rigurosa. Hablando en sentido estricto, en todo proceso racional de la mente humana conducente a resolver un problema práctico o a dar satisfacción a una necesidad tangible, existen tres niveles de conocimiento, que aunque interconectados son procesos independientes.

El primero, el plano científico, es en el que radica el «know why», es decir, la base del conocimiento de cómo se comporta la naturaleza para el fenómeno que nos interesa. Por ejemplo para el diseño de un radar, las ecuaciones que rigen la propagación de ondas electromagnéticas en la atmósfera, las que rigen su reflexión, la recepción, las relacionadas con el tratamiento de la señal...etc. pertenecían al conocimiento científico. Otro tipo de conocimiento distinto es el que se requiere para diseñar los distintos elementos que materializaran los conocimientos científicos, que es el que enmarcamos en el campo de la ingeniería. Una cosa es conocer las ecuaciones de Maxwell y otra completamente diferente es diseñar una antena eficiente. Aquí es donde radica el «know what»-

trial. Sin embargo esta correlación no puede considerarse biunívoca y mucho menos lineal. La afirmación de que el avance científico conduce al desarrollo tecnológico, y que este se convierte directamente en ventaja en el mercado, hoy simplemente no se sostiene. Y menos válida es aún, la hipótesis de que las innovaciones tecnológicas generan automáticamente riqueza.

Los cambios tecnológicos son, desde luego, uno de los factores determinantes a la hora de incrementar la competitividad, y podemos afirmar que estos, en general generan riqueza, pero no para todo el mundo. La aparición de nuevas tecnologías y de innovaciones técnicas crea oportunidades para la aparición de nuevas industrias y negocios, pero también el riesgo de que quiebren y desaparezcan otros, que no puedan o no sepan adaptarse al ritmo de cambio. El cómputo total final, que no tiene necesariamente que ser positivo, dependerá de muchos y variados factores interrelacionados entre sí a nivel nacional e internacional, que actuarán de manera diferente en cada tipo de industria y en cada empresa particular.

Y tampoco creo que ya nadie dude, que la competición en el siglo XXI vaya a centrarse en el conocimiento y en las ideas. No quiero parecer demasiado maltusiano, pero el hecho de que habitemos un planeta finito sometido a una demanda exponencial de recursos, significa que habrá que dar respuesta a los enormes problemas que planteará esta situación; problemas relacionados con energía, alimentación, salud, vivienda, educación y medio ambiente. ¿Hay alguna otra alternativa racional, que la de recurrir a la ciencia y la tecnología para resolverlos? Tecnología e innovación van a ser los factores determinantes a la hora de seleccionar a los ganadores de la competición internacional. Para una nación, mantener la posición estratégica relativa en el orden internacional, teniendo como telón de fondo el cambiante escenario de este siglo<sup>(16)</sup>, exigirá mantener la ventaja competitiva sostenida y adaptativa, cultural, industrial comercial y militar, a base de una buena gestión de su recurso más valioso, la materia gris.

En lo referente a ciencia y tecnología, en este siglo dormirse en los laureles puede resultar fatal. La globalización y la creciente competencia de las economías de rápido desarrollo (ERD)<sup>(17)</sup>, traerán como consecuencia la modificación del escenario tecnológico internacional tal y como lo conocemos hoy. Los grandes centros de generación de conocimiento se encontraban hasta ahora

---

Y por ultimo está el plano en donde radican las habilidades y el conocimiento que permiten construir, integrar y probar un sistema, aquí es donde realmente radica el «know how» práctico, que en última instancia es el que marca la diferencia en términos de competitividad. Me resultaría imposible, y por otra parte sería excesivamente tedioso para el lector si mantuviese a lo largo del trabajo esta diferenciación entre los tres distintos planos, por eso el lector debe ser indulgente y perdonarme de antemano la ligereza con la que utilizare a partir de ahora el término «tecnología».

<sup>(16)</sup> La ventaja militar la trataré más tarde.

<sup>(17)</sup> Brasil, India y China

concentrados sobre todo en los EE.UU., Europa y Japón, pero lo mismo que asistimos a un desplazamiento del centro de gravedad económico hacia Asia, también estamos asistiendo a un fenómeno paralelo para el conocimiento, que va a estar más distribuido alrededor de nuevos focos. En el futuro, ninguna nación –ni siquiera los EE.UU.– podrá ser líder simultáneamente en muchos campos de la ciencia y de la tecnología, (ni tampoco podrá sustentar una hegemonía militar global en todo el amplio espectro de los posibles conflictos).

Es decir que la competición se librará también en el campo del conocimiento, por lo que en el plano nacional, será necesario realizar un esfuerzo coordinado de toda la sociedad para mantener la ventaja sostenible en determinados nichos científicos y tecnológicos que se consideren críticos. Para una nación, el resultado de esta competición, será el que al final, en gran medida determine la riqueza, el estándar de vida de los ciudadanos, su peso específico en el orden internacional y en último término su capacidad de defensa.

Asegurar una ventaja competitiva global en determinados segmentos industriales y militares, significará estar entre los ganadores de la feroz competición tecnológica internacional. Es decir, en nuestro caso, determinará el lugar que España ocupe en el mundo del futuro.

### ■ Las lecciones de la historia

¿Qué nos enseña la historia acerca de los ganadores y perdedores? Michael Porter comenzaba su ya clásica obra «The competitive Advantage of Nations» haciéndose la pregunta fundamental de por qué unas naciones han tenido éxito en la competición internacional y otras no. Aunque la pregunta que hoy nos deberíamos de hacer es cuáles serán los factores que, en un mundo cada vez más global, interdependiente e inmerso en el mayor cambio tecnológico de la historia, determinaran qué naciones salgan victoriosas de la competición internacional y cuáles se queden rezagadas.

Analizar el pasado es siempre un buen punto de partida, sin embargo, a la hora de extrapolar sus lecciones, debemos ser tremendamente cautos, ya que las teorías y los argumentos válidos para explicar lo que ha ocurrido en un mundo en el que la ventaja residía en factores propios de una economía aún dominada por la última fase de la Revolución Industrial, no nos van a arrojar mucha luz sobre un siglo como el actual, que se caracterizara por un cambio tecnológico exponencial y de naturaleza esencialmente diferente a lo que hemos visto en el pasado<sup>(18)</sup>.

En general las naciones que en el pasado han sabido adaptar y asimilar más rápidamente y gestionar mejor las nuevas tecnologías, han tenido más éxito que las que se han mostrado más reacias a asumir innovaciones. Pero nunca

---

<sup>(18)</sup> Desgraciadamente las teorías evolutivas son analíticas, no predictivas, sólo nos proporcionan tendencias.

en el pasado hemos asistido a un cambio tan extenso, profundo y rápido como el actual, por eso para poder seguir la marea del cambio, se impone establecer estrategias selectivas.

¿En una época de cambio como la nuestra, por qué tecnologías deberíamos apostar? A nivel nacional, el éxito consistirá en elegir entre aquellas que van a impulsar la siguiente revolución tecnológica y apostar prioritariamente por los clusters de tecnologías que mejor se adapten a las condiciones de contorno y a las características particulares de cada nación, y ser lo suficiente creativos para adelantarse y adaptar las estrategias a los cambios del mercado.

Pero, no solo resultará crucial acertar en la elección de los clusters adecuados, otro aspecto que tendrá un efecto fundamental en la competitividad es la capacidad de una nación para transformar su potencial científico y tecnológico en ventaja competitiva en los mercados. En último término, la posición estratégica que detente una nación va a depender de la capacidad que tenga para poner en valor el potencial de su tejido científico-tecnológico.

- *El Sistema Nacional de Innovación*

Poner en valor la potencialidad tecnológica y la capacidad de innovar a nivel nacional depende de la facilidad para conectar a los productores de conocimiento y generadores de ideas con los consumidores de las mismas, que son los encargados finales de trasladarlas al mercado en forma de productos y servicios. Esta capacidad es función de la interacción de numerosos factores que forman lo que hoy se conoce en la literatura profesional como el Sistema de Innovación Nacional (National Innovation System, NIS)<sup>(19)</sup>.

El NIS puede representarse conceptualmente como un modelo en el que están identificados todos los actores –intramuros y extramuros– que intervienen en el proceso de innovación, y en el que también están caracterizadas todas las interrelaciones entre ellos, lo que permite cuantificar su eficacia. Describir un potencial modelo para España, excedería el alcance de este trabajo<sup>(20)</sup>.

Más que la tasa de crecimiento de una nación, el verdadero factor determinante para predecir su potencial y su posicionamiento estratégico en el futuro, será el índice de eficacia de funcionamiento de su NIS. Por ejemplo, el resultado de la puja entre los EE.UU., la Unión Europea, China e India por el liderazgo mundial en el desarrollo tecnológico, –si dejamos a un lado posibles discontinuidades–, va a depender de cómo estas naciones sean capaces de optimizar sus respectivos NIS y de definir las estrategias adecuadas de desarrollo.

<sup>(19)</sup> [Global Trends 2025. National Intelligence Council](#)

<sup>(20)</sup> El lector interesado en el tema puede encontrar una ingente cantidad de información, simplemente navegando en Internet con el encabezamiento de [National Innovation System](#), que es como se reconoce en la literatura profesional.

Los factores que determinan que una sociedad sea creativa e innovadora y que sepa poner en valor esta capacidad (un NIS eficaz) son múltiples, algunos de ellos tangibles y otros más intangibles y, por lo tanto, más difíciles de evaluar y cuantificar. Por ejemplo, la *actitud para alentar la creatividad* en una sociedad, es un factor intangible, pero al mismo tiempo fundamental para generar innovación. Es un factor que depende de aspectos culturales e históricos fuertemente enraizados en cada sociedad, y por lo tanto difícil de recrear o de trasplantar partiendo de cero a otro lugar. ¿Por qué en una ciudad relativamente pequeña como la Florencia del Renacimiento llegan a pasearse por sus calles Miguel Ángel, Leonardo y Rafael?

La *receptividad de los gobiernos y de las administraciones a ideas innovadoras* es otro factor que lógicamente tiene una influencia significativa en el NIS, no sólo directamente en lo que se refiere a la eficacia de la investigación pública, sino porque los gobiernos, como importantes consumidores de tecnología –como por ejemplo el sector de la defensa– determinan indirectamente con sus decisiones la orientación y la vitalidad del sistema. Por ejemplo, una actitud negativa a la hora de asumir riesgos en el desarrollo de nuevas tecnologías, podría estar cercenando indirectamente vías de innovación. Como muestra del efecto negativo, creo que es suficiente conocida la resistencia inicial de la Royal Navy a reconocer la importancia estratégica de la propulsión a vapor y como ejemplo paradigmático de la rápida receptividad hacia una tecnología absolutamente innovadora, el proyecto Manhattan.

La facilidad de *acceso a la financiación, la movilidad laboral y los mecanismos legales de derecho de propiedad intelectual*, son otros de los factores que se consideran normalmente a la hora de evaluar la eficacia del NIS. Pero los factores realmente determinantes son *el factor humano, la infraestructura TIC, la infraestructura organizativa de I+D, la estrategia nacional de investigación y la estrategia nacional de penetración de mercados*.

El factor humano es algo que no puede improvisarse y aunque en algunos casos se puede recurrir a captar «cerebros» en el exterior, esto lógicamente es algo excepcional y al final de cuentas, la capacidad va a depender de la cantera propia<sup>(21)</sup>, que a su vez es consecuencia directa de la eficacia y calidad del sistema educativo. Y si hemos llegado a la conclusión de que la competición en este siglo va a ser sobre conocimiento e ideas, no es nada exagerado enunciar *que la ventaja competitiva de una nación, va a depender en gran medida, de la eficacia de su sistema educativo para formar la cantidad de titulados con la calidad que requiera la nueva economía*.

Un tema controvertido es cuál debe de ser el papel de la financiación pública a la hora de establecer y financiar el esfuerzo tecnológico, porque también las reglas del juego en este aspecto están cambiando. Los economistas liberales

---

<sup>(21)</sup> Una vez más recorro a un símil futbolístico

sostenían hasta muy recientemente que las que competían en el campo internacional eran las compañías no las naciones<sup>(22)</sup>, sin embargo la experiencia más reciente contradice –o al menos modifica– esta afirmación, porque a lo que estamos asistiendo es que, cada vez mas naciones actúan con estrategias competitivas globales e integradas gobierno-industria<sup>(23)</sup>. Hay que tener presente que las economías de las naciones BRIC tienen una fuerte intervención pública en muchos sectores y no pueden considerarse economías de libre mercado en toda la extensión del término. Sus sistemas son lo que se denomina *capitalismo de Estado*, y aquí está la paradoja, ¿cómo puede una compañía privada –aun suponiendo que tiene un tamaño considerable– competir en I+D en un sector en el que una nación, como por ejemplo China, decide que es estratégico e invierte en él enormes cantidades de fondos públicos? ¿Cómo puede una compañía privada, competir en el mercado internacional con otra pública que tiene detrás todo el apoyo institucional de un Estado que además puede movilizar importantes resortes políticos, económicos y militares?

En cualquier caso, a la larga, con un modelo de mercado libre o con uno de capitalismo de Estado, una nación para ser competitiva en su conjunto necesita tener empresas competitivas, sean estas públicas o privadas. Firms que sean capaces de crear valor<sup>(24)</sup> y de ser rentables.

Así como el NIS es un buen instrumento para evaluar el potencial que tiene una nación para convertir su capacidad tecnológica en valor, a nivel de empresa, para entender el efecto de la tecnología en su ventaja competitiva, la mejor herramienta de análisis es recurrir a analizar su cadena de valor <sup>(25)</sup>.

La tecnología afecta a la ventaja competitiva de una empresa, en tanto en cuanto contribuya a mantener su posición de ventaja en el mercado, en coste y en diferenciación de productos. Dicho de una manera más simple, en que sea capaz de vender servicios y productos, en un mercado cada vez más disputado, que resulten más atractivos por su coste, por su diseño, por su innovadora tecnología, por su singularidad o por una combinación de algunos de esos atributos. Es decir, que contribuya a mantener la ventaja tanto si se sigue una estrategia de competir en coste como la de competir en productos innovadores.

La tecnología, de una manera o de otra interviene prácticamente en todas las actividades de la cadena de valor de una empresa, y esto es independiente del contenido tecnológico de los productos que produce o el segmento industrial en el que compite. No existe una receta mágica para determinar cómo inyectar los avances tecnológicos en las distintas actividades de la cadena de valor. De esto dependerá precisamente del espíritu innovador de la empresa. Pero como

<sup>(22)</sup> Consúltese a Michael Porter en la obra citada anteriormente.

<sup>(23)</sup> Este fenómeno, que se inició en la industria de defensa, se está ahora trasladando a otras industrias.

<sup>(24)</sup> Lo que los compradores están dispuestos a pagar por lo que se les ofrece.

<sup>(25)</sup> Porter, Michel. *Competitive Advantage*. The Free Press 1985

norma general, cuanto más sea una industria capaz de adaptar las tecnologías digitales, la automatización y la robotización a sus procesos, mayor será su competitividad.

### ■ **Tecnología, energía y competición**

El modo en cómo se gestione la tecnología para efectuar el inevitable cambio de modelo energético que se producirá alrededor del 2030, va a ser determinante para muchas naciones. Esto va a ser especialmente crítico para naciones como España que cuenta con escasos recursos de combustibles fósiles, y por lo tanto, extremadamente dependiente de la importación, una situación de vulnerabilidad estratégica y económica.

Ya me he referido con anterioridad a la potencialidad del cluster formado por las biotecnologías, las nanotecnologías y las de los nuevos materiales, pues bien, de la explotación y la combinación de ellas saldrá, en gran medida, la solución a nuestras necesidades futuras de energía.

### ■ **Ciberespacio, conectividad y robotización**

Vivimos en una sociedad digital, el funcionamiento del gobierno, de los servicios públicos, de nuestros negocios, del sistema bancario, de la bolsa, e incluso de la defensa, dependen en abstracto, del ciberespacio y de su expresión más tangible, Internet. El ciberespacio será la espina dorsal de la capacidad tecnológica, económica e industrial de este siglo.

Por otra parte, en un mundo dominado por la tecnología, nos debería sorprender que los atributos que son necesarios para mantener la ventaja competitiva en el mundo civil comercial sean prácticamente los mismos que necesitan nuestros combatientes digitales. En la sociedad civil de este siglo los atributos críticos serán *la conectividad, la automatización y robotización y la movilidad* (como veremos estos mismos atributos serán los del futuro combatiente).

De todos ellos, el atributo determinante en este siglo será la *conectividad*, no como un elemento para mejorar la capacidad de comunicación entre individuos, o para satisfacer sus necesidades de ocio, sino como el factor clave para lograr la ventaja competitiva global. Una sociedad que no entienda y no asimile el valor dominante de la conectividad en la competición internacional tendrá la partida perdida de antemano.

La conectividad, es la expresión más visible de la revolución digital, ya que en el fondo se trata de transferir a través del ciberespacio, la máxima cantidad de bits conectando a los productores, las bases de datos con los distintos utilizadores. Pero el concepto de la conectividad irá evolucionando a medida que

evolucione, impulsadas por los continuos avances de la digitalización, el concepto de plataforma única de comunicación, el interfase hombre maquina, la capacidad de procesamiento distribuida «on demand» e Internet. El otro aspecto que influenciará la evolución de la conectividad será la cobertura global y el aumento de ancho de banda, lo que como es lógico, pasa por el desarrollo de las infraestructuras tanto del segmento terrestre como del segmento espacial.

## ■ TECNOLOGÍA Y POSICIÓN ESTRATÉGICA MILITAR

Creo que ya lo formulé anteriormente, pero permítaseme que como introducción a esta sección, me reafirme en la tesis de que para que una nación como España pueda mantener su posición estratégica en este siglo necesitará, por un lado conseguir una ventaja tecnológica-científica que le garantice su puesto en el ranking económico mundial, y por el otro, mantener una capacidad militar que sea la consecuencia lógica de su desarrollo tecnológico, industrial y económico. Así que, una vez analizado el efecto de la tecnología en la ventaja competitiva de una nación, ha llegado el momento de plantearnos cómo la revolución tecnológica afectará al mundo de la defensa. Me gustaría aclarar que excluiré de este apartado las tres tecnologías que anteriormente identifiqué como las impulsoras de la que será la siguiente gran revolución tecnológica. La razón de excluir a la biotecnología, que sin ninguna duda jugará un papel fundamental en este siglo, es porque en mi opinión prevalecerán los acuerdos internacionales sobre la utilización de armas biológicas. En cuanto a la nanotecnología, su estado actual de madurez hace difícil predecir cuál será su impacto en la defensa a gran escala. En consecuencia me limitaré, casi exclusivamente, a analizar el impacto de la revolución digital en el campo de batalla.

### ■ El impacto de la tecnología en el campo de batalla del siglo XXI

- *El carácter y dimensión de los futuros conflictos en este siglo. Fukuyama Vs Huntington*<sup>(26)</sup>

Retomando la tesis de la necesidad del componente militar, desgraciadamente, en un mundo cada vez más impredecible y crecientemente inestable<sup>(27)</sup>, en el que además las instituciones internacionales son cada vez más débiles, no será

<sup>(26)</sup> Francis Fukuyama publico en 1989 en la revista *International Affairs* el artículo «The End of History?», que en 1992 se convirtió en el libro «The End of History and the Last Man», en el cual, argumentaba que tras el fin de la Guerra Fría, la democracia liberal marcaría el final de la evolución ideológica de la humanidad.

Samuel P. Huntington es el creador de la teoría de que, tras el fin de la Guerra Fría, las religiones y las identidades culturales serán la mayor fuente de conflictos. Los principios de su teoría se publicaron en 1993 en la revista *Foreign Affairs* bajo el título «The Clash of Civilizations», que también posteriormente amplió en un libro.

<sup>(27)</sup> En el momento de escribir estas reflexiones Túnez y Egipto se encuentran convulsionadas por revueltas populares y Libia envuelta en una guerra interna.

posible disfrutar de influencia internacional sin disponer de cierto músculo militar ya que, en un mundo con una economía globalizada que se sustenta en la creciente libre circulación de bienes y servicios, y en un ciberespacio libre, resultará esencial mantener el orden y las leyes que garanticen este tráfico. Si las organizaciones transnacionales y las naciones fuesen incapaces de imponer las leyes internacionales, –por otros medios o por la fuerza– sencillamente se haría imposible el normal desarrollo del comercio mundial, el orden internacional se deslizaría peligrosamente hacia un panorama cada vez más caótico, agravado por la proliferación de Estados incapaces de ejercer su autoridad sobre todo tipo de agentes no estatales (con creciente influencia sobre ciertas zonas geográficas)<sup>(28)</sup>.

Como ya comenté al comienzo de estas reflexiones, de la lectura del informe «Conflict Barometer 2009»<sup>(29)</sup>, se deduce inmediatamente, que la tendencia desde el año 1945, ha sido un incremento constante del número de conflictos de bajo y medio nivel y paralelamente a una estabilización en el número de los de alto nivel, por lo que no parece que vayamos a habitar un planeta cada vez más pacífico, sino más bien todo lo contrario. De continuar esta tendencia, el panorama más previsible, será la proliferación de conflictos de bajo nivel, y mucho menos probable una confrontación de alto nivel entre naciones<sup>(30)</sup>. Atrás han quedado las optimistas previsiones del «peace dividend», y la visión del mundo de Francis Fukuyama por lo que me parece que estamos más próximos a las predicciones de Huntington. La proliferación de conflictos de baja intensidad nos forzará a intervenir frecuentemente en zonas distantes de nuestras fronteras, tanto por razones de derecho internacional como por razones de derechos humanos o, simplemente, por la necesidad de proporcionar ayuda humanitaria.

Pero, no es que únicamente aumente el número total de conflictos, es que el propio carácter de los mismos también está cambiando. La clase de combate al que tendrán que enfrentarse en el futuro nuestros combatientes será previsiblemente de tipo híbrido, en el que por una parte habrá una combinación de tropas regulares, irregulares, paramilitares, civiles armados, etc., en escenarios congestionados (combate urbano, áreas de gran tráfico marítimo, etc.), ¡una nueva niebla de la guerra!<sup>(31)</sup>, y por otra parte se dará la concurrencia de

<sup>(28)</sup> Si no estuviésemos interviniendo en el Índico, hubiese quedado ya interrumpida cualquier actividad marítima en la zona, con las enormes consecuencias económicas que ello hubiese acarreado.

<sup>(29)</sup> Heidelberg Institute for International Conflict Research. University of Heidelberg. Existen otras instituciones que realizan informes de contenido similares.

<sup>(30)</sup> Sin embargo debemos tener presente que al menos existen tres zonas geoestratégicas con conflictos crónicos enquistados que en cualquier momento pueden desembocar en una guerra a gran escala en la que no se puede descartar la utilización de armas nucleares.

<sup>(31)</sup> El conflicto que se está librando en el momento de finalizar estas reflexiones en Libia es un claro ejemplo. En un mismo teatro de operaciones concurren fuerzas OTAN, irregulares, civiles armados, fuerzas regulares libias, mercenarios y con toda seguridad fuerzas de operaciones especiales de terceros países.

amenazas de alta tecnología y con otras rústicas, pero eficaces<sup>(32)</sup>. En el mismo teatro se desplegaran bombas de cuneta de fabricación casera con misiles antiaéreos individuales cada vez más sofisticados; piratas y terroristas armados con misiles antibuque o vehículos no tripulados aéreos, terrestres, de superficie o submarinos.

Recapitulando, por una parte no se puede descartar que nuestros combatientes tengan que intervenir en un conflicto de alta intensidad y por consiguiente deben dotarse para esa posibilidad, pero por otra parte sus intervenciones más probables serán en conflictos de baja intensidad en los que tengan que enfrentarse a un abanico de armas de alta tecnología y otras de fabricación casera. Esta ecuación solo puede resolverse a base de tecnología, esta debe ser la ventaja competitiva del combatiente del futuro. Solamente les podremos proporcionar protección, movilidad, conectividad, precisión y robotización mediante la innovación tecnológica.

En otro orden de cosas, en unas pocas décadas, la tecnología ha ampliado de manera espectacular las dimensiones de la guerra tal y como la conocíamos hasta hace poco; los combates que hemos visto en la primera fase de última guerra de Irak son un anticipo de la guerra multidimensional, en la que se integra la acción en las tres dimensiones espaciales y en la dimensión del espectro electromagnético, para producir un efecto simultáneo y devastador sobre el enemigo; un efecto al que un ejército unidimensional con tácticas y estructura clásica, sencillamente, no puede enfrentarse.

Esta acción integrada es el producto de una evolución desde el concepto de combate centrado en las plataformas (en el que lo importante era la capacidad individual y el número), pasando por el concepto de redes de plataformas (en el que se empezaba a sacar partido de la sinergia de las capacidades de distintas plataformas), hasta el concepto de campo de batalla integrado y virtual, en el cual todos los actores comparten datos y coordinan acciones; es decir un subconjunto del ciberespacio.

Pero al mismo tiempo que se produce esa evolución hacia una especie de gran organismo virtual –técnicamente posible gracias a la actual revolución digital–, se está produciendo otro fenómeno no tan evidente, consistente en que la tecnología está extendiendo el campo de batalla a los tres continuum<sup>(33)</sup>: el continuum océano, que ha sido hasta ahora el tradicional –que la tecnología abrió en la época de los descubrimientos–, el espacial, y el ciberespacio. La nación que quiera en el futuro mantener cierto grado de superioridad militar, tendrá

<sup>(32)</sup> Los explosivos de cuneta IED, son un ejemplo.

<sup>(33)</sup> Me tomo la libertad de utilizar la palabra latina continuum, para definir un ámbito regulado por acuerdos internacionales, pero en el que las naciones ejercen únicamente una soberanía limitada. En particular me referiré a tres continuum: el Océano, el Espacio Exterior y el Ciberespacio.

que lograr la ventaja competitiva en el campo de batalla integrado digital, en el espacio y en el ciberespacio.

Sin embargo, debemos de ser cautos y pensar que los potenciales enemigos no van a luchar una guerra en términos clásicos y enfrentarse frontalmente allí donde nosotros tenemos una aplastante superioridad. Nuestros enemigos plantearan la lucha en términos asimétricos, utilizando baja o alta tecnología según su conveniencia, y sin ninguna duda, si les es posible, ampliarán el combate a los continuum del espacio y el ciberespacio, que hoy por hoy es donde radican nuestras mayores vulnerabilidades.

Tendemos a considerar la guerra asimétrica como un fenómeno actual, pero no puedo resistirme a recordar, que desde que David derribó al hoplita Goliat –un pastor con una onda y un cayado, y un soldado armado con la mejor tecnología de la época– buscar la asimetría ha sido siempre consustancial con la guerra.

#### ■ **¿Qué papel va a jugar la revolución tecnológica en la capacidad militar?**

Los cambios revolucionarios en la tecnología bélica, aunque no han sido frecuentes, tampoco han sido algo nuevo a lo largo de la historia. En el pasado ha habido transformaciones tecnológicas que han tenido una gran repercusión, como fue por ejemplo el empleo masivo de la artillería en el campo de batalla y a bordo de los buques. El impacto de esta innovación técnica se hizo sentir tanto en el ámbito militar, como en el político, social y geoestratégico –como dice Carlo Cipolla<sup>(34)</sup>, la supremacía europea en la época de los descubrimientos y posterior expansión, fue debida a la combinación de velas y cañones–. Sin ir más lejos, no podemos ignorar que la fabricación de la enorme cantidad de artillería de hierro que demandaban los buques de línea del XVIII, fue un importante aliciente para el desarrollo del alto horno, que fue a su vez el embrión de la siderurgia y a la postre de la Revolución Industrial<sup>(35)</sup>.

Desde un punto de vista puramente técnico, podemos considerar que la Primera Guerra Mundial fue la primera guerra tecnológica de la historia; la guerra en que por primera vez las máquinas se utilizaron de manera general y extensa en el campo de batalla. En ella debutaron nuevas máquinas de guerra y se perfeccionaron otras ya existentes. Esta fue la guerra del empleo de la aviación militar, de la aparición del carro de combate, del submarino como arma oceánica, del torpedo como arma decisiva, de las direcciones de tiro de artillería, de la coraza naval, del empleo de la turbina de vapor y de la utilización de la incipiente química industrial al esfuerzo bélico. Pero será durante la Segunda Guerra Mundial cuando asistamos al empleo sistemático del conocimiento

---

<sup>(34)</sup> Ver *Cañones y Velas* del mismo autor

<sup>(35)</sup> La artillería de hierro fundido, sustituyó a la artillería de bronce a bordo de los buques, por una simple razón económica. El coste de un cañón de bronce se hizo prohibitivo por el incremento de coste del cobre.

aplicado al esfuerzo bélico. Todas las naciones beligerantes recurrieron a movilizar todos sus recursos científicos, académicos, y tecnológicos para tratar de conseguir la ventaja competitiva definitiva sobre el adversario<sup>(36)</sup>.

Y llegamos a la Guerra Fría, que junto con la carrera espacial fue simple y llanamente una competición tecnológica, que se fue realimentando en una espiral de amenazas y sistemas para anular las amenazas, hasta que uno de los contrincantes no pudo resistir el reto por extenuación económica.

Pero ahora, al contrario de lo que ocurrió en el pasado en el que necesidades operativas inmediatas eran las que espoleaban la inventiva, no es únicamente la amenaza la que impulsa la transformación técnica de los ejércitos, el verdadero impulsor es el profundo cambio tecnológico que está experimentando la sociedad en general, o para ser más precisos, la presión del mercado civil de la tecnología. Los ejércitos cambian hoy en gran medida porque los arrastra el maremoto de la revolución digital.

La previsible tendencia futura será que la presión de la demanda y la correspondiente frecuencia de renovación tecnológica que genera, hagan que el mercado civil se desarrolle más rápido de lo que lo haga la demanda militar. Ni naciones con un volumen de gasto en defensa como los EE.UU. pueden continuar manteniendo múltiples líneas de desarrollo tecnológico de uso exclusivamente militar, Si exceptuamos las tecnologías de utilización exclusivamente para aplicaciones militares, los ejércitos, cada vez con más frecuencia, recurrirán a adaptar las que desarrolla el mercado. Es lo que se ha dado en llamar componentes COTS<sup>(37)</sup>.

El profundo cambio tecnológico que está viviendo nuestra sociedad seguirá teniendo profundas consecuencias en el ámbito de la defensa (consumidor tradicional de alta tecnología) que no puede mantenerse al margen de la revolución digital y se verá impulsado a continuar la profunda revisión y transformación de las fuerzas armadas, para adaptarlas a combatir en el mundo que se nos avecina; básicamente en un mundo digital en el que nadie debe dudar que la ventaja competitiva del combatiente será la tecnología <sup>(38)</sup>.

### ■ **Por fin el combatiente digital, y el espacio de combate integrado**

Como ya ha quedado recalcado a lo largo de estas reflexiones, tanto en conflictos de alta, como en los de baja intensidad, la ventaja competitiva del com-

<sup>(36)</sup> Solamente el Proyecto Manhattan movilizó a más de 100.000 técnicos superiores de instituciones oficiales, de la industria privada y del mundo universitario.

<sup>(37)</sup> Commercial off the shelf = Solución Comercial lista para su uso.

<sup>(38)</sup> Recientemente existe un cierto escepticismo sobre la ventaja competitiva proporcionada por la tecnología o para ser más concreto sobre el concepto RMA. Ver por ejemplo el reciente informe del UK MOD «Future Character of Conflicts». Yo no puedo estar más en desacuerdo con esta corriente, la única manera de mantener nuestra superioridad y mejorar la protección de nuestros combatientes será apostar por la innovación y toda una serie de nuevas tecnologías.

batiente no puede basarse en la masa y en la saturación, tendrá que hacerlo necesariamente en la tecnología, y sobre todo la tecnología que sea capaz de generar valor añadido de la información y del conocimiento. Pero que la ventaja de nuestros combatientes radique en la tecnología, no quiere decir ni mucho menos que persistamos en el concepto operativo, que al final del siglo XX se dio en llamar RMA (Revolución of Military Affairs)<sup>(39)</sup>. Una especie de bálsamo de Fierabrás, que iba a solucionar todas las futuras batallas. Sin embargo, tan peligroso sería creer ciegamente en el paradigma del RMA, como extrapolar experiencias actuales a hipotéticos futuros conflictos y bajar la guardia en lo referente a la tecnología con la que dotemos a nuestros combatientes.

Resultaría totalmente inaceptable, que mandásemos a un combatiente al campo de batalla con tecnología inferior a la que utilizan nuestros escolares en sus videojuegos o con una conectividad inferior a la que ya disponen cualquiera de nuestros adolescentes. Creo que esto bien merece una reflexión.

Si hay algo en lo que podemos estar seguros es que nadie puede predecir de manera precisa el carácter de la siguiente guerra. ¡No caigamos en el error, del que nos acusan frecuentemente, de prepararnos para la guerra pasada!

- *El espacio de combate integrado virtual*

Los enormes avances tecnológicos que están teniendo lugar en el mundo civil, que están día a día construyendo y evolucionando el ciberespacio, van a impulsar la utilización masiva en el campo de batalla de las técnicas de digitalización y de las tecnologías de la información, facilitando la implantación del paradigma de la conectividad, es decir, la de lograr un verdadero espacio de combate integrado virtual (virtual porque el soporte material y lógico del sistema está distribuido en una amplia área geográfica) que guarda un cierto paralelismo con el ciberespacio del mundo civil e incluso de alguna manera podría considerarse que forma parte de él.

Fenómenos como la evolución de Internet hacia una red de objetos y no sólo de ordenadores, la creciente utilización de recreaciones virtuales de la realidad en diferentes campos de la ciencia y ingeniería y nuevos conceptos como el de «cloud computing», adaptados al mundo militar, acelerarán aun más la implantación del paradigma del *Espacio de Combate Integrado*, ya que facilitarán no sólo la comunicación directa entre todo tipo de maquinas y componentes entre sí, sino la interacción entre mundos virtuales y el mundo real, con efectos que aún no podemos predecir.

Volviendo al tema que nos ocupa, en el nivel físico el concepto de espacio de combate integrado, irá evolucionando hacia un sistema que aglutine todos los

---

<sup>(39)</sup> Future Character of Conflict. UK MOD

sensores<sup>(40)</sup>, todos los nodos de proceso, todas las plataformas (tripuladas o no tripuladas), todos los recursos en órbita y todos los sistemas de armas en el teatro y todos los combatientes, mediante un tejido de redes de alto ancho de banda que permita intercambiar información de alta calidad en tiempo real.

En este paradigma, en el nivel de la información, cualquier elemento del sistema, no sólo tendrá la capacidad de recolectar la información relevante del medio (directamente del teatro de operaciones de combate), sino que podrá acceder a extensos bancos de datos y aplicaciones software situados en otros nodos de información, lo que le permitirá expandir y aumentar su conocimiento del escenario de la acción, es decir la *realidad amplificada*. A su vez, el componente del sistema, procesará la información, la utilizará para su misión y la intercambiará con otros combatientes,..., un gran sistema virtual de sistemas.

En el nivel cognitivo, la combinación de inteligencia humana y sintética (artificial) permitirá la «percepción» en tiempo real del estado preciso del teatro de operaciones, y la construcción de modelos virtuales que permitirán la utilización óptima de los recursos en el preciso momento y mantener la iniciativa sobre el enemigo. Elaborar una percepción del medio mediante elementos sensoriales, procesar la información, intercambiarla con otros centros de proceso, y activar las respuestas motoras específicas, ¿no es esto una forma de cerebro virtual?

La propia sencillez y elegancia de este modelo conceptual, oculta la enorme complejidad técnica de su implementación y de su posterior evolución. Pero, una vez implementado un verdadero espacio de combate integrado virtual, las ventajas para el combatiente son evidentes:

- Lograr una visión total e integrada del entorno del teatro de operaciones con una misma referencia espacial y temporal. Todos los participantes estarán compartiendo la misma visión de la realidad, dónde están las fuerzas propias, dónde las enemigas, cómo están maniobrando, cuáles suponen una amenaza inminente, etc.
- Tener una visión total e instantánea del espacio de combate tiene la clara ventaja de ir por delante del oponente en cualquier maniobra.
- El tiempo de reacción para las decisiones de mando y control se acortará considerablemente.
- La asignación del arma óptima al blanco más amenazante se realizará automáticamente sin tener que seguir los procesos burocráticos habituales.
- Se conectará la logística con la fuerza de la manera más eficiente.

Se cumple el sueño dorado de todo combatiente, ver lo que hay más allá de la colina (Liddell Hart) y se despeja «la niebla de la guerra» (Clausewitz). Es lo

---

<sup>(40)</sup> Sensores, que cada vez son más asequibles, están mejor conectados, están más distribuidos, pesan menos y ocupan menos volumen.

que hoy en día se denomina la superioridad del conocimiento del espacio de combate.

Por otra parte, la creciente miniaturización de toda la electrónica digital facilitará nuevos desarrollos en el campo de las armas inteligentes, mejorando la precisión y discriminación de blancos; características clave para dotar al combatiente de mayor potencia de fuego basada en la información y no en el concepto de saturación.

Los ejes tecnológicos pilares del concepto del espacio de combate integrado virtual, son la *conectividad* y la *automatización*.

- *Conectividad. Enchufar y combatir*

La conectividad es la capacidad que tienen todos los elementos del espacio de combate integrado para poder intercambiarse información, es decir, la facilidad de conectarse al tejido de redes mediante el acceso global inalámbrico en tiempo real con gran ancho de banda. Pero este concepto está evolucionando rápidamente; ya no se tratará de intercambiar simplemente información, el futuro combatiente –lo mismo que ya hacemos hoy de alguna manera con nuestros iPods y teléfonos inteligentes– intercambiará aplicaciones de software y compartirá recursos de proceso según lo requiera la situación táctica. Esta capacidad será la esencia del futuro, paradigma de la conectividad, ir hacia un ecosistema digital del espacio de combate.

Disponer de alcance global con alto ancho de banda pasa por disponer de una infraestructura consistente entre otros medios, en constelaciones de satélites, de UAVs y otro tipo de plataformas que aseguren la cobertura total de la zona de conflicto. Y al mismo tiempo, al igual que ya ocurre en el mundo civil, la tendencia futura será que el ancho de banda aumente exponencialmente. Por lo que si queremos sacar provecho de toda la información disponible y de la capacidad de compartir recursos de proceso a través de todo el espacio, la tecnología de las redes, comunicaciones vía satélite y los enlaces con UAVs, tendrán que evolucionar en esta dirección. Pero algo más que eso, crear un tipo de conectividad que distribuya el proceso de información y que las aplicaciones de software no residan necesariamente en la plataforma o en el combatiente individual añade un nivel nuevo de complejidad en los diseños.

Piénsese, por un momento, en un espacio de combate multinacional con fuerzas terrestres, navales y aéreas, con robots sobre el terreno, y vehículos aéreos no tripulados; el tejido de redes puede ser realmente complejo y a pesar de la interoperabilidad, conseguir la conectividad puede ser una tarea difícil. La tecnología tiene que resolver que las redes se autoconfiguren, para el utilizador tiene que ser algo tan sencillo como *enchufar y combatir*.

Me gustaría hacer una última consideración; la conectividad en el mundo digital es un diálogo entre máquinas que se intercambian sus propios mensajes según sus propios protocolos. Para los operadores, el proceso es opaco y lo único que nos es visible es la interface que nos permite dialogar con un terminal. Pues bien, prácticamente la única manera en la que podemos dialogar hoy por hoy con nuestros ordenadores es mediante un teclado alfanumérico o una pantalla táctil. Cualquiera de las dos soluciones ocupa las manos del operador y durante unos segundos distraen su atención del medio, y esto en un momento crítico de un combate puede ser una cuestión de vida o muerte.

En el futuro, la manera natural de comunicarnos con una máquina deberá ser la palabra, sin descartar otras relacionadas con nuestro lenguaje corporal, como indicarle a la máquina en qué dirección miramos (este tipo de comunicación se está ya empleando en sistemas de armas) o yendo más lejos, mediante sencillas órdenes mentales. Estoy completamente convencido que en las próximas décadas veremos avances significativos en esta área.

- *Automatización y robotización*

Un requisito del espacio de combate integrado será la capacidad de procesar en tiempo real o casi real automáticamente ingentes cantidades de información. La tendencia es que, a medida que la tecnología permita que se avance en la automatización de los procesos, la información crezca exponencialmente en volumen y complejidad.

Pero la automatización de los procesos no se utilizará únicamente en el nivel superior de los sistemas, sino también a niveles de plataformas, de equipos e incluso de los combatientes individuales. De hecho, tanto en la vida civil como en el mundo militar, cada vez habrá más elementos «inteligentes» conectados al ciberespacio.

Con el fin de facilitar la comprensión del tema, voy a considerar tres aspectos diferentes de su aplicación militar:

- El primer campo de aplicación es en los «nodos» del espacio de combate integrado virtual. Lo que llamamos nodos puede tener a su vez la complejidad del sistema de combate de una fragata o de un sistema mando y control. En realidad, ya estamos operando sistemas con ese nivel de automatización, como es el caso, por ejemplo, del sistema de combate de las fragatas clase Álvaro de Bazán.
- El segundo campo de aplicación es en lo que llamamos control de las plataformas. Estos sistemas son, hoy en día, extremadamente complejos por el número de parámetros que tienen que controlar, por la variedad de funciones automáticas que tienen que realizar y por el nivel de fiabilidad que se requie-

re de ellas. Piénsese por ejemplo que todos los aviones de combate actuales son aerodinámicamente inestables y no podrían volar si no estuviesen dotados de sistemas automáticos de control; o que la gestión de navegación en inmersión y la de su nuevo sistema de propulsión anaeróbico, de nuestro submarino S-80 estará gestionado por un sistema automático.

- El tercero es el de los robots, es decir el de la automatización asociada a plataformas no tripuladas tanto en lo referente al tratamiento de la información como en el de control de la plataforma.

Creo necesario dedicarle algún espacio a este último aspecto, debido a la enorme influencia que tendrá en el futuro campo de batalla.

### ■ La robotización del espacio de batalla digital

El campo de batalla ya ha comenzado a robotizarse. La tendencia claramente apunta en la dirección de un creciente papel de los robots en el campo de batalla digital.

Durante los próximos decenios, asistiremos a la aparición de nuevos tipos y de nuevas generaciones de los ya existentes, que convivirán y operarán conjuntamente con las plataformas tripuladas. Esta va a ser un área de enorme desarrollo durante este siglo.

El principio básico de la robotización militar es sacar al operador de la plataforma y pasar a controlarla desde una estación en tierra o desde otra plataforma tripulada.

Hoy tenemos tecnología para implementar este concepto sin ninguna dificultad. Sacar al operador de la plataforma complica el lazo de control, pero a su vez presenta claras ventajas: el tamaño del vehículo se reduce considerablemente y en consecuencia lo hacen todos sus parámetros de diseño como la potencia de propulsión, los servicios vitales del operador, su sistema de protección, etc. Si se trata de plataformas aéreas, además desaparecen las limitaciones de maniobras por encima de determinadas «g», y la duración de las misiones, que impone la fisiología del piloto. En el caso de robots submarinos también resulta bastante intuitiva la ventaja de sacar al operador del vehículo. Los robots permitirán reducir considerablemente el riesgo físico y el número de bajas de nuestros combatientes.

### ■ Cerebros analógicos en un mundo digital

La utilización en operaciones de robots militares crece constantemente, pero su futuro como elemento esencial en la composición de los ejércitos, va a estar en gran medida condicionada a los avances que se logren en inteligencia artifi-

cial, en la capacidad de proceso disponible y en las soluciones energéticas que le faciliten su movilidad autónoma.

Previsiblemente, durante este siglo, la evolución de la capacidad «cerebral» de los robots va a seguir una pauta similar a la que siguió la naturaleza. Para mejor comprensión del lector, quiero aclarar que en todas mis consideraciones parto de *la hipótesis digital*, es decir, de que cualquier funcionalidad de un cerebro biológico puede ser emulada mediante tecnología digital.

Hoy existe tecnología para poder fabricar robots con la *inteligencia instintiva* equivalente a un reptil; es decir capaz de, mediante integración de sus sensores, construir una imagen del universo circundante, descubrir la amenaza o el alimento y actuar consecuentemente, pero todo dentro de un marco muy rígido de comportamiento.

El siguiente paso evolutivo será disponer de un cerebro capaz de superponer a *la inteligencia instintiva capacidad de aprendizaje*, estamos hablando del cerebro más simple de un mamífero.

El tercer paso podría darse cuando se disponga de suficiente potencia de cálculo como para que el cerebro realice *simulaciones en tiempo real de una situación*, la compare con anteriores situaciones vividas y almacenadas en su memoria y realice predicciones que le permitan actuar.

Y ya por fin el gran mito de la humanidad: crear un cerebro inorgánico capaz de emular al nuestro propio. Diferentes estimaciones confluyen a que una capacidad de  $10 \times 10^8$  MIPS debería ser suficiente para con una máquina digital emular la fabulosa «máquina» analógica de nuestro cerebro compuesta por 100.000 millones de neuronas más sus correspondientes sinapsis; y todo esto con solo un consumo de 20 vatios.

Suponiendo que se sigue cumpliendo la ley de Moore y que se resuelve el problema del consumo de energía, la potencia de cálculo y la memoria necesaria podría estar disponible para la década del 2030 o 2040, en cualquier caso antes de la segunda mitad del siglo.

Pero el problema de emular un cerebro humano con tecnología digital no es un problema básicamente de capacidad de cálculo o de memoria, es un problema de programación, y aquí deberíamos ser mucho más precavidos.

En cualquier caso los enormes esfuerzos financieros, científicos y técnicos que se están dedicando al estudio del cerebro humano junto con el desarrollo de nuevas herramientas para su observación, nos irán aproximando asintóticamente a un nivel de conocimiento que nos permitiese, mediante ingeniería

inversa, disponer de prototipos antes de que finalice la primera mitad del siglo. Bien a mi pesar creo que no debería extenderme más sobre este apasionante tema.

En cualquier caso la robotización del campo de batalla es una tendencia irreversible y cada vez tendremos en servicio más robots de diferentes tipos, mucho más «inteligentes», que no necesitarán operadores en el lazo de control, capaces de decidir las acciones a tomar. El combatiente digital tendrá que aprender cómo operar en este medio sofisticado y complejo, pero que ofrece unas enormes oportunidades operativas.

### ■ **Energía para el combatiente digital. Pilas y gasolineras**

Desde la Primera Guerra Mundial, la que podemos considerar la primera guerra tecnológica, el petróleo ha jugado un papel crucial en la estrategia y en el resultado de las conflagraciones, ya que movilidad y capacidad de maniobra se lograban a base de disponer de un suministro ininterrumpido y global de gasolina y fuel.

Aquí también la historia nos puede enseñar valiosas lecciones. En la Segunda Guerra Mundial, al contrario de lo que le ocurrió a Japón y a Alemania, los EE.UU. tuvieron asegurado el suministro de petróleo. La necesidad de asegurar fuentes de petróleo exteriores condicionó en buena parte la estrategia de esos dos países.

Napoleón decía que los ejércitos se mueven sobre su estómago, los ejércitos actuales se mueven consumiendo enormes cantidades de combustible fósil. El consumo de combustible en los recientes conflictos ha rebasado cualquier previsión realizada en base a la anterior experiencia. En general, las fuerzas expedicionarias requieren moverse con su propio sistema de distribución de combustibles independiente de las redes de distribución locales.

El combatiente digital va a ser un gran consumidor de bits y kilowatios que son necesarios para operar sus sistemas y para proporcionarle la movilidad táctica que requerirán los nuevos escenarios. El primer problema técnico que se plantea, teniendo en cuenta el previsible cambio de modelo energético que inevitablemente se producirá a lo largo del siglo, es cómo proporcionar la energía para alimentar a las plataformas militares (vehículos, aviones, buques, submarinos, vehículos remotos, etc.). Para ponerlo en términos coloquiales, «el problema de las gasolineras».

Estamos ante la encrucijada de que durante este siglo nuestros ejércitos consumirán cada vez más energía, pero al mismo tiempo el más elemental principio estratégico aconseja que la seguridad nacional no pueda quedar sujeta a los avatares del cada vez más impredecible suministro de petróleo.

## ■ ¿Cómo propulsaremos las plataformas del futuro?

Cada ejército presenta una problemática energética diferente. Por ejemplo, en este siglo la Armada va a poner en servicio entre dos o tres nuevas generaciones de buques de superficie (la primera en la ventana 2020/2025, la segunda entre el 2050/2060 y la tercera hacia el final de siglo). Nadie puede imaginarse que la hipotética fragata «Jorge Juan» que se entregue en el 2060 continúe siendo propulsada por petróleo.

En las plataformas navales la tendencia creo que serán por un lado, en la dirección de integrar la generación y propulsión eléctrica como un único sistema, y por otro, al empleo de tecnología de superconductores en motores y generadores. Pero esto no resuelve el problema fundamental del combustible primario (¿quién produce la electricidad?). Si descartamos la solución de la energía nuclear, probablemente la única alternativa será apostar por la tecnología de los biocombustibles y del hidrógeno.

Para tener una referencia de lo que se está haciendo en este sentido, sirva como ejemplo que el Departamento de Defensa de los EE.UU. ha lanzado un ambicioso programa, no carente de controversia<sup>(41)</sup>, de desarrollo de combustibles alternativos con el objetivo de que en el 2016 el 40% del combustible consumido en las fuerzas armadas proceda de esta fuente.

Este es un campo en que la contribución de la triada de tecnologías, a las que me he referido anteriormente como las impulsoras de la gran revolución tecnológica, va a ser definitiva tanto en lo referente al cultivo y producción de biomasa para la producción de biocombustibles, como a aumentar la eficiencia de células solares, las células de combustible o el desarrollo de nuevos catalizadores, etc.

De alguna manera, en España ya hemos iniciado este camino con el desarrollo de la planta de propulsión del submarino S-80 basada en pilas de combustible alimentadas con hidrógeno producido a bordo partiendo de bioetanol.

Debido a la gran diferencia de demanda civil y militar, las soluciones para las plataformas aéreas y terrestres vendrán en gran medida de las que adopte la industria civil, aunque algunas de las cuales, como por ejemplo el coche eléctrico, habrá que descartarlas inicialmente para aplicaciones militares. Concretamente en el campo de la aviación parece lógico pensar que sea la demanda civil la que estimule el desarrollo de nuevos combustibles e incluso a la larga de nuevas máquinas de propulsión.

Si pensamos en el combatiente de primera línea, todo su equipamiento consume energía: visores de casco con cámaras y presentación virtual, prismáticos

---

<sup>(41)</sup> *Alternative Fuel for Military Applications*. RAND National Defense Research Institute

de visión nocturna, intensificadores de imagen, equipo de comunicaciones, ordenador personal de combate, telémetros y designadores láser, GPS<sup>(42)</sup>, robots de apoyo, uniformes con reguladores térmicos, etc. El combatiente digital es también un gran consumidor de energía portátil. El reto en este caso será cómo dotarlo de una fuente de energía individual duradera y portátil: «el problema de las pilas».

La tecnología para sistemas portátiles de energía va a seguir dos caminos de evolución diferentes, por una parte profundizar en la tecnología de las baterías y por la otra en el desarrollo de las pilas de combustible.

No creo que sea el momento de profundizar más en este tema, pero como resumen, en el ámbito de la defensa, la gran apuesta debería ser la aplicación de la tecnología no únicamente a los ejes de la conectividad y la automatización sino también a la movilidad.

#### ■ **Algunas consideraciones sobre ingeniería de sostenimiento en la era de la información**

Estas reflexiones se quedarían incompletas si no considerase los aspectos menos abstractos y más mundanos que nos va a suponer diseñar y sostener los sistemas de armas en la era de la información.

El primer aspecto que quiero considerar, es la influencia práctica que las leyes de Moore y Nathan (Myhrvold) suponen en los ciclos de vida de los sistemas de armas. La tendencia actual es a utilizar en los sistemas de armas electrónica comercial (hardware y software), lo que llamamos en el mundo militar COTS (commercial off the shelf). Los años de los ordenadores militares, que no cambiaban durante toda la vida de las plataformas, programados en lenguaje militar han pasado a la historia. Es decir, para bien o para mal hemos quedado encadenados a la ley de Moore.

Para enmarcar el problema, pongamos por ejemplo, que la vida útil de un buque puede ser de unos treinta años. ¿Cómo compaginar el ciclo de renovación de las plataformas con los ciclos de renovación tecnológica de los sistemas? ¿En treinta años se producirán quince generaciones de microprocesadores!

Aprender a vivir en un mundo en que los ciclos de renovación tecnológica se miden en meses, es un problema de pura ingeniería; sin entrar en detalles, la única respuesta a este laberinto es establecer desde el primer día de diseño y mantenerlo a lo largo del ciclo de vida, un proceso estricto de *ingeniería de sistemas*. Tenemos que concienciarnos de que el diseño de los sistemas de la era de la información no termina con la entrega. El diseño se convierte en un proceso que se prolongará durante toda la vida del sistema.

---

<sup>(42)</sup> Global Positioning System

**■ La tecnología y la base industrial de la Defensa**• *El escenario*

La industria de defensa internacional ha sufrido una profunda transformación desde el final de la Guerra Fría. Actualmente, el mercado internacional está dominado por un número reducido de grandes industrias que surgieron de un proceso de consolidación causado por la presión de la disminución de los presupuestos de defensa a escala casi global<sup>(43)</sup>. Este grupo de compañías, con capacidad para generar e integrar tecnología militar y suministrar sistemas de armas complejos de alta tecnología a los ejércitos de sus países de origen, compiten duramente por el mercado de exportación.

En el caso particular de España el panorama es peculiar porque se dan simultáneamente dos fenómenos. Por un lado en un periodo de tiempo muy corto finalizarán los grandes programas de renovación de la Fuerza, que han servido para elevar el nivel tecnológico de la base industrial de defensa, y por otro lado los programas de austeridad han reducido los presupuestos de defensa. La conjunción de estas circunstancias, conducen hacia una drástica caída de la demanda interna y en consecuencia, a la paulatina disminución de la carga de trabajo.

Ante este panorama, ninguna industria del tejido industrial de la defensa en España puede considerar que su viabilidad pasa por depender exclusivamente del presupuesto de defensa nacional, el futuro de las industrias de defensa, tanto si son del tipo de la era de la información como si lo son del de la era industrial, dependerá de su capacidad para adaptarse a la nueva situación, de aumentar su productividad, de gestionar el cambio tecnológico y de conseguir una ventaja competitiva que les permita posicionarse en el mercado exterior.

La consecuencia es clara, si queremos que nuestra base industrial de defensa sobreviva, habrá que exportar y competir en un mercado, que como hemos visto está dominado por grandes compañías con implantación internacional y gran capacidad tecnológica. Exportar en este escenario, requerirá tener una cierta masa crítica industrial y apostar por la tecnología y la innovación.

Ya comenté al comienzo de estas reflexiones que en la era de la información las plantas y factorías de la era industrial, intensivas en mano de obra, son centrifugas con respecto a las áreas de generación y acumulación de conocimiento, es decir, tienden a desplazarse hacia zonas geográficas de menores salarios, mientras que las actividades de la era de la información son centrípetas con respecto a dichas áreas.

---

<sup>(43)</sup> Es ya legendaria la cena («la última cena») que se celebró en el Pentágono en 1993, a la que asistieron el entonces Secretario de Defensa, Les Aspin y 15 altos ejecutivos de las principales industrias de defensa, en la que más o menos se les anunció a los invitados, que se ponía en marcha una transformación de la industria de defensa mediante consolidaciones, o en la próxima cena solo habrían sobrevivido la tercera parte.

Esto crea un problema para el tejido industrial de la defensa ya que las plataformas se fabrican en centros de la era industrial (el caso de los astilleros) y los sistemas en industrias de la era de la información ¿Cómo conseguir lograr mantener la capacidad de las actividades industriales y atraer las industrias de alta tecnología?

Los centros productivos de la era industrial, requieren una especial atención si se quiere asegurar su viabilidad. Sin entrar en propuestas que se saldrían completamente de lo que debería de ser este trabajo, en mi opinión, existe una receta universal, que consiste, una vez más en apostar por la tecnología. *Una industria pesada puede y debe ser una industria de la era de la información.*

Por otra parte, pensando en el futuro de nuestro tejido tecnológico e industrial, conviene no perder de vista que no se pueden mantener operativos unos ejércitos equipados con los sistemas de armas más avanzados si no están sustentados por una sólida base tecnológica industrial. Una base que abarque todos los recursos de conocimiento: universidades, centros de investigación públicos y privados, y la industria.

## ■ NUEVAS TECNOLOGÍAS, NUEVAS AMENAZAS

En una época como la actual de profundos cambios tecnológicos, nuevas tecnologías suponen inevitablemente nuevas amenazas. Por otra parte, como creo que ya ha quedado patente a lo largo de este trabajo, el carácter de los conflictos también está cambiando en el fondo, en la forma y en la extensión, por la simple razón de que el mundo lo está haciendo. Estamos asistiendo, no únicamente a una profunda transformación en la manera de competir en el ámbito internacional, sino también en la manera en que tendremos que afrontar la seguridad y la defensa.

Los futuros enemigos tratarán de utilizar la ventaja que les proporciona la tecnología en su provecho y no podremos ignorar que en gran medida, la tecnología militar se basa hoy en día en tecnología adaptada de uso civil y por lo tanto, es mucho más asequible para nuestros potenciales contendientes. Eso produce la paradoja de que no necesariamente un combatiente irregular es un combatiente equipado con baja tecnología obsoleta. Muy al contrario, existen recientes casos en que organizaciones terroristas han demostrado capacidad de empleo de armas sofisticadas.

La tecnología ha ampliado el espacio de batalla de su marco tradicional, mar, tierra, aire, al espectro electromagnético, y a los continuum del ciberespacio y del espacio exterior. En un futuro conflicto de alta intensidad, hay que prever que el espacio de batalla se extenderá a todos los continuum.

---

Pero volviendo a nuestro tema, la mayor y más inmediata amenaza procederá de la utilización de armas de destrucción masiva (WMD) por grupos terroristas, por Estados dictatoriales extremistas o por la acción combinada de ambos. La globalización y las facilidades para la libre circulación de información, están contribuyendo a la transferencia de tecnologías de doble uso –cada vez más difíciles de controlar– y por lo tanto a la proliferación de armas de destrucción masiva. Especialmente preocupante resulta la difusión de biotecnología y de tecnología nuclear de potencial aplicación al diseño de armas.

La situación es doblemente inquietante cuando coinciden programas de desarrollo en ese tipo de armas con programas de desarrollo de misiles balísticos de corto, medio y largo alcance. La combinación de las dos capacidades le da una dimensión completamente diferente a la amenaza.

Pero a lo largo del siglo se harán cada vez más patentes las amenazas a los tres «continuum» antes citados: el océano, el espacio y el ciberespacio.

#### ■ El ciberespacio, el Pearl Harbor digital

Las recientes publicaciones profesionales están llenas de referencias a lo que hoy se denomina «guerra asimétrica», un término genérico que engloba una serie de nuevas amenazas relacionadas sobretodo con acciones terroristas, que como las tristemente celebres bombas de cuneta, buscan anular la ventaja técnica de nuestras fuerzas utilizando baja tecnología.

Si bien los ataques asimétricos tácticos, son importantes porque causan un número elevado de bajas e inciden negativamente en la moral del personal, lo que nos debe realmente preocupar es la asimetría estratégica.

Nosotros somos el gran Goliat digital, y en algún lugar puede haber un David alistando su honda. Tenemos que considerar que también nuestros potenciales enemigos están cambiando átomos por bits, y estaríamos repitiendo el error de Goliat si ignorásemos que es cuestión de tiempo para que nuestros oponentes dispongan de la misma gama de tecnologías que hoy tenemos nosotros. En el futuro estarán en condiciones de atacar nuestro interés, evitando al mismo tiempo una confrontación armada.

En este sentido, el peor escenario que podemos considerar –un «Pearl Harbor digital»–, un ataque informático masivo y coordinado para alterar nuestros sistemas de control vitales, sistema sanitario, transportes, generación y distribución de energía, hacienda, banca y todos los servicios y negocios basados en la Web, será técnicamente viable en los próximos años.

Nuestra sociedad digital se ha vuelto en este sentido muy vulnerable. Esto debería hacer reflexionar sobre una posibilidad real de ataque estratégico que puede afectar seriamente a nuestra seguridad nacional.

Esto es un ejemplo de cómo cambios tecnológicos como los que viviremos este siglo, pueden exigir que tengamos incluso que revisar en el futuro aspectos de la defensa nacional. ¿Tenemos la tecnología necesaria para primero defendernos y después contraatacar? ¿Tenemos doctrina para conducir un ataque? ¿Debe repercutirse el coste de la defensa informática en las compañías? Estas y otras muchas preguntas similares se debaten en distintos seminarios dentro y fuera de nuestro país.

El tema ha cobrado recientemente actualidad por la aparición de ataques informáticos coordinados contra ciertos países coincidiendo con crisis; tales han sido los casos de Georgia y de Letonia. Pero lo más alarmante ha sido la utilización por primera vez de un arma cibernética, no para negar la utilización de servidores, sino para dañar una parte de una instalación y desbaratar un proceso de producción industrial.

Como ya indiqué previamente, el nuevo concepto de combate se fundamenta en la conectividad, y no es posible proporcionar conectividad global inalámbrica sin disponer de una constelación de satélites civiles y militares que aseguren la operatividad de la fuerza digital.

### ■ El espacio exterior

Este es el talón de Aquiles del combatiente digital, todo el concepto de conectividad, pasa por disponer de un segmento espacial dotado de diversas constelaciones de satélites especializados (GPS, comunicaciones, inteligencia, etc.), capaces de dar cobertura global al teatro de operaciones. En un futuro conflicto de alta intensidad, un ataque a la red de satélites podría tener consecuencias catastróficas, ya que todo el espacio de combate digital quedaría gravemente limitado. Ahora bien, un ataque de esta envergadura requeriría una tecnología únicamente disponible a un número muy reducido de naciones. Tanto los EE.UU. como China han realizado pruebas de sistemas antisatélite.

Pero la proliferación de las tecnologías de misiles de medio y largo alcance y la concurrencia con programas de desarrollo de armas nucleares, biológicas y químicas seguirá suponiendo la mayor amenaza durante buena parte del siglo XXI.

### ■ COROLARIO Y REFLEXIONES FINALES

Afrontamos una época de incertidumbre y confusión, creadas por la confluencia de cambios simultáneos, profundos y rápidos: la mayor transformación

científica y tecnológica de la historia; la evolución del actual modelo unipolar dominado por una única superpotencia, –heredero a su vez del sistema bipolar vigente durante la Guerra Fría–, a un orden multipolar en el que el reparto de poder estará más distribuido; la irrupción de nuevos actores en el escenario económico, científico y tecnológico; el desplazamiento del centro de gravedad hacia la zona del Pacífico asiático; un proceso de globalización es cada vez más extenso, profundo e irreversible; y la necesaria transformación de nuestro actual modelo energético.

Todos estos cambios se están produciendo con el telón de fondo de un planeta sometido a un proceso de calentamiento global y de superpoblación, que en mayor o menor medida nos afectará a todos y generará enormes tensiones en el tejido social de muchas zonas del planeta.

El mundo que conocemos está cambiando muy deprisa y esta transformación no va a ser carente de sobresaltos, de inestabilidad internacional y de importantes convulsiones<sup>(44)</sup> de todo tipo.

Los enormes cambios tecnológicos que se avecinan, van a afectar de manera radical a la sociedad que hoy conocemos. A medida que avance el siglo, la ciencia y la tecnología transformaran las comunicaciones, el transporte, la medicina, la educación, la administración pública, el ocio, etc. La evolución de tecnologías ya existentes, la maduración de otras que aún se encuentran en su forma embrionaria y la aparición de otras totalmente nuevas, cambiarán el tejido industrial y el modelo productivo de extensas áreas de este planeta, con las consiguientes repercusiones sociales. Las industrias de la era de la información tenderán a aglutinarse alrededor de áreas de generación del conocimiento, mientras que las actividades de la era industrial tenderán a relocalizarse en áreas de mano de obra abundante y barata que no requiera formación especializada superior.

Algunos de los avances tecnológicos, especialmente en campos de la biotecnología, la genética y de la inteligencia artificial, van a poner a prueba muchos de nuestros principios, de nuestros valores éticos y religiosos, e indirectamente van a provocar una profunda transformación social en amplias áreas del planeta. No es ciencia ficción que gracias a los avances en inteligencia sintética, las «máquinas» jueguen un papel cada vez más fundamental en nuestra sociedad; en qué extensión lo hagan, dependerá por una parte, de cuál sea nuestra disposición para compaginar, por una parte nuestra disposición a ceder poder de decisión y protagonismo a entes artificiales y por la otra, de la que sea nuestra nueva concepción del humanismo.

La tecnología que nos convirtió en una especie próspera –depende de cómo se enfoque, en una de las más prósperas de la biosfera– va ahora a enfrentarnos

---

<sup>(44)</sup> Algunas de las cuales ya se están produciendo en el momento de redactar estas reflexiones.

a enormes dilemas que afectarán incluso al propio concepto de qué significa ser humano.

Avances como la capacidad de descifrar el genoma de seres vivos y el de crear organismos con ADN modificado nos pueden conducir por el camino del doctor Víctor Frankenstein<sup>(45)</sup>, o por el de resolver los retos que plantea alimentar y cobijar y educar a siete mil millones de seres humanos y probablemente e inevitablemente, por ambos. Hoy más que nunca, es necesario –yo diría que imprescindible– un debate sosegado, pero profundo, sobre las implicaciones éticas y morales que tendrán los previsibles avances de la ciencia y la tecnología durante este siglo.

La revolución digital, permite hoy generar conocimiento, almacenarlo y distribuirlo en tiempo real a prácticamente cualquier punto del globo. El conocimiento total de la humanidad se duplica cada pocos años e Internet contribuye a que esté disponible para un gran número de habitantes del planeta. Documentos e información que hace únicamente una década eran accesibles para especialistas en las grandes bibliotecas del mundo, se pueden consultar hoy mientras esperamos el autobús. Aunque sea difícil predecir cuales serán a la larga los efectos acumulativos de este fenómeno<sup>(46)</sup>, estamos ante una nueva realidad, la acumulación exponencial del conocimiento, similar –pero de proporciones mucho mayores– a la que causó en su momento la invención de la imprenta.

Hasta hace poco tiempo el conocimiento estaba, casi en su totalidad, confinado a zonas de países desarrollados, pero en este nuevo mundo que se perfila, el fuego sagrado del conocimiento no va a estar custodiado únicamente por un grupo selecto de naciones. La revolución digital ha contribuido a distribuir el conocimiento a escala global, y el acceso a las nuevas tecnologías será de todo el que sepa interpretar y asimilar el cambio y que esté dispuesto a adaptarse a él. El futuro no será una herencia, habrá que ganárselo.

Previsiblemente, durante este siglo, el centro de gravedad económico y del poder político mundial se desplazará hacia la región del Pacífico asiático, y se acentuará la globalización de los mercados y de las ideas en esta zona geoestratégica. El creciente acceso de las poblaciones de China e India al mercado de consumo va a tener necesariamente enormes repercusiones sobre todo por la presión sobre las materias primas y la energía. Por otra parte no puede ignorarse, que estas dos naciones van camino de convertirse en potencias científicas y tecnológicas, acortando día a día la distancia con EE.UU., Europa y Japón.

---

<sup>(45)</sup> Como la creación de nuevas formas vivas con fines comerciales, que podrían llegar incluso a la clonación humana.

<sup>(46)</sup> Observo, que mi compañero de asiento de autobús va siguiendo en su iPad, una lección de un curso de Yale sobre la Arquitectura Romana, ¿Quién puede predecir qué efecto acumulativo tendrán estas tecnologías en la sociedad?

Estos profundos cambios que implican indirectamente la redistribución de influencia y de poder van inevitablemente a crear inestabilidad e incertidumbre. En estas circunstancias será prioritario mantener el orden y la ley internacional y aunque nuestro deber ético sea promover la paz, el poder militar será un factor importante a la hora de mantener una posición estratégica internacional.

Si descartamos los ya citados puntos de tensión –que pueden producir en cualquier momento importantes discontinuidades– la probabilidad de una confrontación de alto nivel, a medio plazo es pequeña. Sin embargo, la tendencia será a que proliferen los conflictos de medio y bajo nivel en una amplia zona del planeta, «el cinturón de inestabilidad».

En el ámbito de la defensa, la ventaja competitiva de los futuros combatientes solamente puede radicar en la tecnología en su sentido más amplio. De la misma manera que en el campo de la competencia comercial internacional, los países desarrollados tienen necesariamente que orientarse hacia los productos innovadores y de gran contenido tecnológico, en futuros conflictos, la ventaja de la fuerza militar no puede sustentarse en el número y la saturación, tendrá que basarse necesariamente en la tecnología.

Movilidad estratégica y táctica; conectividad global en tiempo real en un espacio de combate integrado; automatización y robotización; y finalmente armas de precisión, serán los ejes tecnológicos que proporcionaran a nuestros combatientes la ventaja definitiva en todo el espectro de conflictos.

Los ejércitos continuaran adaptándose al cambio, pero, más que la amenaza, será el profundo cambio tecnológico que está experimentando la sociedad en general, o para ser más preciso, la presión del mercado civil de la tecnología, lo que verdaderamente impulse la transformación técnica de los ejércitos. Los ejércitos cambian hoy, en gran medida, porque los arrastra el maremoto de la revolución digital.

La previsible tendencia futura será que la presión de la demanda de la población en general, y la consecuente frecuencia de renovación tecnológica que esta genera, hagan que el mercado civil se desarrolle más rápido que el militar, por lo que, si exceptuamos las tecnologías de utilización exclusivamente para aplicaciones militares, los ejércitos, cada vez con más frecuencia, recurrirán a adaptar las soluciones que desarrolla el mercado (componentes COTS).

El campo de batalla del futuro –ya lo es en gran medida en el presente– estará digitalizado y robotizado. Los enormes avances tecnológicos que están teniendo lugar en el mundo civil, que están día a día construyendo y evolucionando el ciberespacio, van a impulsar la utilización masiva en el campo de batalla de las

técnicas de digitalización y de las tecnologías de la información. Facilitarán así la implantación del paradigma de la perfecta conectividad, es decir, la de lograr un verdadero espacio de combate integrado virtual (virtual porque el soporte material y lógico del sistema está distribuido en una amplia área geográfica) que guarda gran paralelismo con el ciberespacio del mundo civil e incluso, de alguna manera, podría considerarse que forma parte de él.

Como ya indiqué anteriormente, la evolución de Internet hacia una red de objetos y no solo de ordenadores, la creciente utilización de recreaciones virtuales de la realidad en diferentes campos de la ciencia y ingeniería y nuevos conceptos como el de «cloud computing» adaptados al mundo militar, acelerarán aun más la implantación del paradigma de un ciberespacio de combate, en el que máquinas y humanos se comuniquen directamente entre sí. La enorme capacidad de proceso permitirá crear replicas virtuales de los escenarios reales y existirá una interacción entre mundos virtuales y el mundo real, con efectos que aun no podemos vislumbrar.

Uno no tiene más que abrir una revista profesional de defensa para constatar cómo los artículos dedicados a robots en el campo de batalla, ya casi superan a los dedicados a sistemas tripulados. El campo de batalla se está robotizando y la tendencia es hacia una creciente utilización y papel de vehículos robot en los conflictos (terrestres, aéreos, navales y submarinos). La proliferación de robots<sup>(47)</sup> va a estar condicionada por los avances en inteligencia sintética, pero no voy a volver sobre ello porque creo que ya lo traté en suficiente extensión.

Pero no deberíamos ignorar que la tecnología no solo juega a nuestro favor, las nuevas tecnologías supondrán la aparición de toda una panoplia de nuevas amenazas para nuestra seguridad. Tenemos que prepararnos para combatir en los tres continuum: espacio, océano y ciberespacio.

### ■ El lugar de España en el mundo del siglo XXI

¿Qué lugar debe ocupar España en este nuevo mundo que se perfila? España no es una potencia de primer orden, y sería poco realista aspirar a serlo, pero sí seguimos ocupando un puesto relevante entre las naciones más desarrolladas del planeta y desde luego disponemos del potencial para poder mantenernos en el grupo de cabeza. Tenemos mucho a nuestro favor, cultura, lengua, historia y situación geográfica, activos por sí solos nada desdeñables. Si observamos con cierta perspectiva histórica nuestra época más reciente, tenemos que concluir que nuestros logros en las últimas décadas han sido más que notables tanto desde el punto de vista económico y social como del de la integración en la comu-

---

<sup>(47)</sup> Creo necesario resaltar que cuando utilizo el término «robot», no estoy en absoluto asumiendo apariencia antropomórfica. Me refiero a vehículos autónomos e incluso remotos, dotados de inteligencia sintética.

nidad internacional. Por eso, ahora tenemos la doble responsabilidad, primero la de mantener y consolidar nuestra posición en el concierto internacional y segundo, la de contribuir a la comunidad europea en la que estamos integrados y a las alianzas militares a las que pertenecemos o decidamos pertenecer en el futuro. Todo ello pasa por mantener la pujanza económica, industrial, científica y tecnológica y de disponer de cierta capacidad militar.

Mantener un puesto entre las naciones del grupo de cabeza, necesariamente exige «una cuota aceptable» de influencia en los foros internacionales, en los que se deciden temas que afectan a nuestros intereses, y paralelamente, promover la imagen de nuestra nación que a su vez se traduce, en lo que se puede llamar la «Marca España», que no es más que la expresión abstracta de cómo se percibe en el exterior nuestro prestigio, nuestra credibilidad, nuestra solvencia, y nuestro compromiso, elementos que cuentan mucho en la competición internacional.

Pero todo no es marketing e imagen. En el momento de escribir estas reflexiones nos encontramos inmersos en una profunda crisis –no exclusiva de España, pero que en nuestro caso ha venido a coincidir con el fin de un ciclo de nuestro modelo productivo–, que requerirá adoptar medidas estructurales de todo tipo para capearla. Pero esta es también una oportunidad para adoptar medidas orientadas no exclusivamente a la salida de la crisis, sino para prepararnos y posicionarnos en este siglo. Ahora se nos ofrece la gran oportunidad de cambiar a un modelo productivo basado en el conocimiento y la información. Porque si no entendemos que el mundo está cambiando y cómo lo está haciendo, podríamos estar preparándonos para el ayer y no para el mañana. La crisis, aunque profunda, es un fenómeno cíclico, pero prepararnos para el siglo XXI es un tema de planificación estratégica a medio y largo plazo.

Creo que he intentado transmitir a lo largo de este trabajo que los enormes cambios tecnológicos que se producirán en este siglo van a cambiar radicalmente el modelo productivo de los países desarrollados, y por lo tanto, ponerse como objetivo un incremento del crecimiento orientado exclusivamente a la mejora de la productividad y de la competitividad no tiene sentido, si paralelamente no somos capaces de establecer un nuevo marco y modelo productivo que nos permita mantener la ventaja sostenida en el futuro.

El crecimiento económico, garantía de nuestro bienestar y de nuestra libertad, será nuestra mejor contribución al fortalecimiento de las organizaciones supranacionales a las que pertenezcamos, pero eso no excluye mantener un esfuerzo en defensa y seguridad similar al de las naciones de nuestro entorno.

No puedo resistirme a recalcar una vez más que, para mantener nuestra posición económica en este siglo, resulta vital apostar decididamente por la ciencia, la

tecnología y la innovación como ejes para crear nuevas ventajas competitivas y esto pasa necesariamente por mejoras radicales en el sistema de enseñanza, y por revitalizar y renovar el tejido científico-tecnológico de la nación.

Lo mismo que sería poco realista tratar de ponerse como objetivo convertirnos en una potencia económica e industrial de primer orden, también lo sería pretender disponer de una capacidad militar, capaz de intervenir en cualquier punto del planeta y de sostener las operaciones por periodos prolongados con nuestros propios medios logísticos<sup>(48)</sup>. Sin embargo, la garantía de la defensa de nuestros intereses y de nuestra seguridad, así como la contribución a las obligaciones con nuestros aliados, solamente puede radicar en unos ejércitos modernos, convenientemente dotados para el tipo de operaciones del futuro y que sean la consecuencia lógica de nuestra base científica, tecnológica e industrial de defensa. En el mundo actual, sería impensable disponer de unas Fuerzas Armadas con un alto grado de alistamiento que no estén sustentadas en una base tecnológica e industrial nacional. Un principio que nos enseña la historia más reciente es que los ejércitos artificiales creados a base de enormes inversiones sin una base industrial nacional, que sobre el papel son formidables, no resisten los primeros envites de una fuerza tecnológicamente avanzada.

Esta última reflexión nos lleva a una conclusión de más alcance, la defensa del siglo XXI requiere una aproximación sistémica en la que se aborde en su conjunto la calidad de nuestros combatientes, el nivel tecnológico de nuestras Fuerzas Armadas y la capacidad de nuestra base industrial. ¿Tendría sentido disponer de unas Fuerzas Armadas de la era de la información y una base industrial de la era de la Revolución Industrial?

Por encima de cualquier otro factor, la competición en este siglo será sobre el conocimiento y las ideas. Tecnología e innovación van a ser los factores básicos que determinen qué naciones surjan ganadoras y las que queden postergadas. El que quiera ganar el futuro tiene que ganar la carrera tecnológica y en consecuencia comenzar hoy mismo a prepararse para ello.

Como corolario final, no quiero parecer demasiado determinista, pero en este siglo, la historia la va a escribir la tecnología.

---

<sup>(48)</sup> Lo que hoy en día se entiende por una fuerza global