

## **CAPÍTULO PRIMERO**

### **ANTECEDENTES**

# ANTECEDENTES

Por JUAN M. ORTI PÉREZ

Algunos autores datan el origen de la tecnología en su carácter militar o de defensa en los tiempos primitivos en los que los primeros pobladores de la Tierra descubrieron que los objetos punzantes o cortantes eran más capaces de producir una herida que otros que no disponían de esta característica. La acumulación de experiencia y de conocimientos permitió la evolución de estas rudimentarias armas hacia diseños más elaborados.

No es nuestro propósito entrar en detalles sobre dicho origen, ni siquiera describir la evolución de la tecnología militar desde aquellas primitivas armas hasta nuestros días, sin embargo, sí que hemos considerado de interés dedicar este capítulo a los antecedentes inmediatos a la situación actual que se estudia en los capítulos siguientes, para ello hemos tomado como punto de partida el final de la Segunda Guerra Mundial, momento en que la aparición del transistor revolucionó el campo de la electrónica y dio paso a lo que muchos autores han denominado la “era de la automatización”.

Al tiempo que la tecnología se hacía cada vez más compleja en los años de la posguerra mundial y los ejércitos pasaban a un periodo de paz, la burocracia se fue incrementando y sus estructuras fueron alterándose en el sentido de disminuir las unidades de combate y aumentar las de servicios y auxiliares. Al mismo tiempo fueron creciendo el número de departamentos, secciones, ramas, especialidades y otras subdivisiones.

Este incremento de la complejidad de las estructuras orgánicas y operativas que dificultaba el ejercicio del mando llevó a una reducción de la entidad de las unidades y a un incremento de la de los órganos de mando. De este modo, la tecnología dio

paso a la complejidad, la complejidad a una extraordinaria necesidad de información, y ésta a su vez a un enorme papeleo (<sup>1</sup>).

Esta invasión de la burocracia podía haber bloqueado al ejército más avanzado de no haber sido por la aparición en escena de los equipos mecánicos de procesamiento de datos. Una vez más, se trataba de una innovación aparecida en el campo militar. Sus precursores fueron las cintas perforadas utilizadas ya desde principios del siglo XX.

Los rudimentarios procesadores de datos fueron empleados para investigación aeronáutica y para el cifrado y descifrado de mensajes durante la segunda Guerra Mundial (procesadores “Ultra”, “Bomba”, “Enigma”, “Magic”), avances que sin duda tuvieron una notable influencia en el desarrollo de los acontecimientos bélicos.

Otro uso militar del procesamiento de datos se dio en la defensa aérea. En este campo, todo dependía en aquellos años de la coordinación entre radares, proyectores, artillería antiaérea y aviación de combate, una tarea que había de llevarse a cabo con rapidez y precisión. Para ello se utilizaron calculadoras mecánicas y electromecánicas con las que se pretendía dotar al sistema de capacidad para identificar la aeronave hostil, hacerle el seguimiento, determinar sus datos de vuelo y abatirla. La guerra terminó antes de que se consiguiera la completa integración de los diferentes elementos del sistema, sin embargo, quedaban dados los primeros pasos para su completa automatización.

Para Van Creveld, que ha dedicado muchas de sus obras al estudio de los avances tecnológicos al compás de la evolución del arte de la guerra, las calculadoras fabricadas y empleadas durante la Segunda Guerra Mundial tenían dos importantes inconvenientes. El primero que se formaba de un gran número de componentes móviles, lo que significaba una gran complejidad y una alta relación peso/potencia del conjunto, para una baja velocidad de cálculo. El segundo consistía en que su falta de capacidad para elegir entre operaciones alternativas (capacidad conocida como *branching*) les impedía llegar a considerarse verdaderos ordenadores.

---

<sup>1</sup> VAN CREVELD, Martin. Tecnology and War. The Free Press. New York, 1991. Pg 237.

El primero de esos problemas lo resolvió J. Presper Eckbert en el año 1946 con la invención del ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*) en el que reemplazaba las ruedas dentadas por circuitos electrónicos, aunque todavía muy rudimentarios.

El segundo de los problemas fue resuelto por John von Neumann en el año 1947 con la invención de la programación almacenada (<sup>2</sup>). Este primer programa de ordenador de Neumann se podía almacenar en la memoria y contenía instrucciones para realizar diversas operaciones matemáticas. Además, era capaz de tomar decisiones en función del resultado de sus cálculos mediante secuencias de operaciones diferentes. Fue utilizado en el cálculo de tablas de tiro, en el diseño de armas y aeronaves, en la gestión de personal y en el control de inventarios.

La aparición del transistor en el año 1947 supuso un notable avance en el campo de la electrónica. En los años cincuenta, el transistor comenzó a reemplazar al tubo de vacío. Años más tarde el circuito integrado de materiales semiconductores se impuso, permitiendo una notable reducción del tamaño y peso de los aparatos. De igual manera se avanzó en el desarrollo de *software* y de equipos periféricos y los costes se redujeron significativamente.

Toda esta evolución de los sistemas de cálculo –es preciso recalcarlo- estuvo íntimamente ligada desde el principio al mundo militar, en concreto en Norteamérica, no sólo en el diseño y desarrollo de la tecnología sino también en la financiación de los proyectos y en el consumo y utilización de los equipos y componentes resultantes. Posiblemente, los motivos hubiera que buscarlos en el tamaño de la organización militar en comparación con otras organizaciones de carácter civil de la época y la necesidad de gestionarla y administrarla eficazmente; y en la necesidad de simplificar el ejercicio del mando y las comunicaciones en combate para contrarrestar la complejidad de la guerra.

Durante los años cincuenta los objetivos buscados por la automatización se centraban en aspectos de administración de los recursos humanos, archivos, y

---

<sup>2</sup> VAN CREVELD, Martin. Tecnology and War. The Free Press. New York, 1991. Pg 238 y sigs.

aspectos logísticos tales como petición y seguimiento de piezas y repuestos. Todo ello en aras de rentabilizar lo que ya se conocía como el “binomio coste/eficacia”.

El impacto tecnológico de los ordenadores que se iniciara en estos aspectos administrativos y logísticos, pronto alcanzó el mundo de las comunicaciones, en el que permitió pasar de interruptores y cuadros de mandos manuales y mecánicos a otros completamente automáticos y electrónicos. Durante la guerra de Vietnam ya se utilizaban sistemas de comunicaciones completamente automáticos soportados por equipos de pequeño volumen, robustos y altamente fiables.

Los sistemas de comunicaciones integrados fueron utilizados a su vez para interconectar los ordenadores de diferentes estamentos de la organización, permitiendo una significativa reducción de personal.

Al final de la década de los sesenta, se consiguió enlazar los ordenadores – mediante cable y sin él- a una gran variedad de sensores electrónicos tales como cámaras de televisión, radares, sonares, etc. Este nuevo tipo de interconexiones, utilizado sobre el terreno, sobre buques, sobre aeronaves, o sobre satélites, abrió un nuevo campo de posibilidades a la inteligencia militar, permitiendo al mando militar disponer de información actualizada de gran valor para su toma de decisiones.

Pero en el campo de la inteligencia los ordenadores llegaron mucho más allá, una vez que se les dotó del adecuado *software*, ya que se consiguió que clasificaran las señales de acuerdo con unos criterios preestablecidos, asumiendo de esta manera algunas de las funciones que llevaban a cabo hasta entonces los analistas de inteligencia. Además, si el ordenador era capaz de identificar una amenaza, también lo sería de activar la correspondiente alarma y de hacer reaccionar el sistema de armas adecuado para dar respuesta automática prescindiendo de la mano del operador.

También es cierto que la evolución de la guerra durante las décadas que nos ocupan hicieron tan complejas las formas de combate, que no siempre la más avanzada tecnología permitía la resolución inmediata de los problemas. Ello no fue obstáculo para que se desarrollaran dos importantes innovaciones en el campo de la automatización en la década de los años sesenta.

El primero fue el sistema de misil guiado ligado al radar, que luego se mostró muy efectivo en la guerra árabe-israelí del Yom Kippur de 1973, en la que fue desplegado en los Altos del Golán por los árabes y causó numerosas bajas en la aviación israelí, aunque también derribó algún aparato sirio. Se trataba de los misiles SAM-2 de alta cota, los SAM-3 *Goa*, y los SAM-6 *Gainful* de fabricación soviética, que hicieron estragos en la aviación israelí hasta que los *Phantom* facilitados por los norteamericanos comenzaron a montar las correspondientes contra-medidas <sup>(3)</sup>.

El segundo fue el misil estratégico con cabeza nuclear basado en tierra, que no llegó a ser dotado de una automatización completa por los riesgos que suponía una falsa alarma o un error mecánico para una escalada de los acontecimientos.

Pero no siempre se conseguía en la práctica la adecuada relación coste-eficacia, a la que antes aludíamos, en los campos de las comunicaciones, de la inteligencia, de la administración o de las operaciones, debido fundamentalmente al elevado coste de los ordenadores. La excesiva centralización del mando y de la gestión, consecuencia del buen funcionamiento de las comunicaciones, multiplicó las consecuencias del error humano, dilató los periodos de reacción y encorsetó la iniciativa y la libertad de acción en los escalones más bajos.

No fue eso todo. La razón fundamental para que se introdujera el uso del ordenador en el campo militar y se fomentara su uso en red, había sido la enorme cantidad de información que se necesitaba manejar por las Fuerzas Armadas modernas en el entorno creado por la guerra del momento. Pues bien, una vez que los ordenadores y las redes que los enlazaban estaban en disposición de operar de forma eficaz, se incrementó enormemente la cantidad de información a procesar. Para reducirla hasta niveles asimilables por el mando militar fue necesario incrementar los cuarteles generales y los estados mayores, quienes pronto pidieron ser dotados de sus correspondientes ordenadores. Se entró así en una espiral a la que no se veía fin.

Tanto entonces como ahora, es preciso determinar cuales son los campos de trabajo y la cantidad de éste que ha de ser asignado a los ordenadores. Es lo que Van

---

<sup>3</sup> BARKER, A.J. La Guerra del Yom Kippur. Editorial San Martín. Madrid, 1975. Pgs 112 y sigs.

Crevelde define como “modelar” y “cuantificar” las áreas a las que tendrán que hacer frente (4).

Durante la guerra de Vietnam y en los años posteriores a ella no faltaron voces en Estados Unidos que achacaron sus dudosos resultados a la tecnología militar, que consideraban inadecuada para ese tipo de guerra. Aunque los argumentos de quienes la criticaban no eran del todo ciertos, sí se podría decir que el análisis de la estrategia utilizada por los americanos fue reducido casi exclusivamente a términos cuantitativos. La concepción de las operaciones descansaba en exceso en los ordenadores y era más relevante un gráfico de bajas o una tabla estadística que la moral de las tropas o que cualquier otro factor no cuantificable.

En los años ochenta parecían haberse asimilado aquellos errores de la guerra de Vietnam. La informática continuaba su imparable desarrollo especialmente en lo que afectaba a la reducción de tamaño de los componentes y al aumento de potencia, lo que permitió su uso en campaña y, por tanto, su implantación en toda la infraestructura de la guerra, hasta llevar el día a día de los ejércitos a depender plenamente de ella.

Simultáneamente a este desarrollo apareció una corriente de militares “reformistas” que pretendía poner sobre aviso de la excesiva dependencia de la informática en el campo militar y sugería reflexionar sobre el asunto. Para ellos, independientemente de lo que dijeran los analistas de sistemas y los defensores de la teoría de juegos, la guerra representaba una ciencia por sí misma y no podía ser reducida a cualquier otra. Los principios de dicha ciencia se basaban en la historia militar y en los textos clásicos y no podían simplemente ser una adaptación de los tecnológicos. Basada en parte en la influencia de estos reformistas se abrió paso en Estados Unidos una nueva forma de entender las operaciones militares conocida como “guerra de maniobra”, que se implantó como una filosofía de combate que busca destruir la cohesión del adversario mediante una serie de acciones rápidas, violentas e inesperadas que produzcan un deterioro rápido y turbulento de la situación a la que aquél no puede hacer frente. Aunque los ordenadores continuaban siendo utilizados

---

<sup>4</sup> VAN CREVELD, Martin. Tecnology and War. The Free Press. New York, 1991. pg 243

para simulaciones tácticas y para el análisis de problemas, parecía abrirse un nuevo campo de trabajo para ellos, en el que se equilibraba el peso de la tecnología y el arte de la guerra.

Si los ordenadores supusieron un hito en la historia de la tecnología, derivado de la Segunda Guerra Mundial, la energía nuclear constituyó otro punto de inflexión, con mayor incidencia aún en los asuntos militares. Los trabajos realizados por Planck, Einstein, Schroedinger y otros, a principios del siglo XX, tras el descubrimiento de la radiactividad por Becquerel en 1896, no fueron comprendidos en toda su magnitud – al menos en lo que a aplicaciones militares se refiere- hasta finales de los años treinta, en que Alemania comenzó las investigaciones atómicas de aplicación militar. Estados Unidos pronto tomó el relevo y en 1941 realizó un extraordinario esfuerzo en este campo, que le situó muy por delante de cualquier otro país y le permitió fabricar las primeras bombas atómicas, cuyos devastadores efectos fueron puestos de manifiesto en agosto de 1945 en Hiroshima y Nagasaki.

En el mismo momento en que se empleó la bomba nuclear surgió un intenso debate sobre su uso. La cuestión se centraba en si se debía considerar el arma nuclear como un arma más en el escenario bélico o si, por el contrario, su uso racional debía limitarse a la prevención de la guerra y la disuasión.

Sin entrar en cuestiones polemológicas sobre el uso del arma nuclear, que no son objeto de este trabajo, sí es preciso decir que ha sido protagonista principal y factor fundamental en la estrategia de los dos bloques durante la guerra fría, como más tarde veremos. La llamada “estrategia de disuasión” se basaba en influir directamente en la voluntad del adversario sin el paso intermedio de una prueba de fuerza.

Los aspectos tecnológicos del desarrollo de las capacidades del arma nuclear pueden analizarse considerando el artefacto explosivo y su producción, la plataforma de lanzamiento y las medidas defensivas adoptadas por el enemigo:

- Primero fue la bomba de fisión nuclear, cuyo funcionamiento se basa en la escisión de un núcleo pesado (de uranio-235 en el caso de la bomba de uranio, o de plutonio-239 en el caso de la bomba de plutonio) en elementos más ligeros

mediante el bombardeo de neutrones, que al impactar en dicho material provocan una reacción nuclear en cadena. Más tarde se dio un paso importante en los avances del arma nuclear con el desarrollo de la “bomba de hidrógeno”, también llamada “nuclear de fusión” o “termonuclear”, utilizada por primera vez en el año 1952. A diferencia de sus predecesoras basaba su efecto en la fusión en lugar de la fisión, esto es, en la fusión de núcleos ligeros (isótopos del hidrógeno) en núcleos más pesados, en lugar de la fisión de los núcleos atómicos. Su aparición significó un salto cuantitativo de gran importancia en la producción de armas nucleares. En cuanto a la evolución del arma, los esfuerzos de los científicos y técnicos en armamento se centraban por aquellos años en fabricar ojivas de baja capacidad que pudieran ser empleadas de forma selectiva incluso cerca de las tropas propias sin producirles bajas y sin desencadenar la escalada de la crisis nuclear; maximizar los efectos minimizando la radiación; y lo que tecnológicamente era más complicado, la miniaturización de los componentes.

- La miniaturización del arma llevó a la simplificación y diversificación de las plataformas, de manera que su lanzamiento llegó a poder realizarse desde cazabombarderos o desde simples vehículos de ruedas, bajo la forma de misil táctico, misil de crucero o simple proyectil de artillería. Estas plataformas y vectores además, conseguían con el tiempo mayor precisión sobre el blanco.
- En cuanto a las medidas defensivas, en los años cuarenta y cincuenta fueron objeto de un importante desarrollo las tecnologías dedicadas a la alerta temprana y a los sistemas de defensa antiaérea, si bien no fueron suficientes para garantizar un mínimo de seguridad frente a los Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBM) que comenzaron a estar operativos a principios de los años sesenta.

En cualquier caso, durante los años de la guerra fría, el desarrollo tecnológico del arma nuclear, la estructura de las fuerzas y la ubicación de los sistemas de armas estuvo marcado por las diferentes percepciones de su posible uso que desde cada uno de los lados del “telón de acero” se tenían y los diferentes enfoques de la prevención de un ataque proveniente del otro lado.

Fue el temor a una “destrucción mutua” el que llevó a ambos bandos a tomar medidas preventivas de una escalada nuclear, como la puesta en servicio del “teléfono rojo” o la firma de acuerdos limitativos de armas estratégicas <sup>(5)</sup>; y fue precisamente el desarrollo de los sistemas defensivos el que condujo a una carrera que más tarde la Unión Soviética no podría resistir.

Los Acuerdos SALT-I reflejaban lo que era la tecnología de los sesenta. En aquellos años se pensaba que la capacidad misilística de cada uno de los bandos era invulnerable a un primer ataque, debido al empleo de submarinos y plataformas móviles que permitían dispersar y ocultar las ojivas, e incluso protegerlas, dificultando su destrucción para poder responder a un primer ataque manteniendo su capacidad disuasoria. Pronto los avances tecnológicos echarían por tierra estas creencias. El más importante de ellos –no regulado por el SALT que sólo limitaba el número de misiles y no el de cabezas nucleares- fue el desarrollo en la década de los setenta de misiles dotados de varias ojivas que, aunque más pequeñas, se separaban en la última fase de la trayectoria hacia el blanco, aumentando su poder destructivo. Estas ojivas se perfeccionaron con sistemas de corrección de la trayectoria una vez escindidas del cuerpo principal, lo que permitía ataques más precisos que se podían dirigir contra los silos del adversario y conservar una importante capacidad de respuesta. El sistema resultante, denominado MIRV (*Multiple Independently Targetable Reentry Vehicle*) podía ser proyectado en un único misil ICBM o en un SLBM (*Submarine Launched Ballistic Missile*) y reducía considerablemente la efectividad antimisil enemiga basada en la interceptación de misiles unitarios. La combinación de la alta precisión del MIRV con el desequilibrio que se producía entre sistema atacante y sistema defensor ponía en peligro la supervivencia de las fuerzas de segunda respuesta, o al menos de las basadas en tierra.

El segundo en importancia de los desarrollos tecnológicos que pusieron en cuestión la fuerza de ICBM del lado contrario fue la aparición del misil de crucero. Estos misiles, que habían sido desarrollados por los alemanes en la Segunda Guerra Mundial y experimentados más tarde por las Fuerzas Armadas de otras naciones, no

---

<sup>5</sup> Acuerdos NTBT (Nuclear Test Ban Treaty), SALT (Strategic Arms Limitation Treaty) y otros.

se consideró inicialmente que ofrecieran grandes ventajas frente a los ICBM y a los bombarderos. Sin embargo, durante los años setenta, los desarrollos tecnológicos permitieron fabricar pequeñas aeronaves no tripuladas, impulsadas por motores de reducido tamaño, capaces de transportar una carga útil a más de 2.000 kilómetros de distancia.

Años más tarde estos misiles de crucero serían capaces de volar a ras de suelo para violar los sistemas de vigilancia radar e incluso memorizar la trayectoria a seguir y navegar –mediante un sistema autónomo- comparando el terreno con el mapa digital residente en el ordenador de a bordo. La precisión que se alcanzó con el desarrollo de estos “misiles inteligentes” permitía destruir los misiles del adversario en sus silos e incluso acertar en sus centros de mando y control. La utilización de diferentes tipos de plataformas añadido a las cualidades antes citadas, permitía que estos misiles fueran difíciles de localizar y, por lo tanto, casi invulnerables a un primer ataque.

Estos avances en el desarrollo tecnológico de los misiles tuvieron, naturalmente, una gran influencia en la estrategia de las potencias enfrentadas durante toda la guerra fría. A la teoría inicial según la cual un primer ataque empleando bombarderos y posteriormente submarinos nucleares podía inutilizar todas o la mayor parte de las armas nucleares enemigas sucedió la de Destrucción Mutua Asegurada (MAD), según la cual, cualquier uso de armamento nuclear por cualquiera de los dos bandos opuestos podría acabar en la completa destrucción de ambos. La doctrina MAD suponía que cada bando poseía suficiente armamento para destruir a su oponente y que cualquiera de los bandos, de ser atacado por cualquier motivo por el bando opuesto, respondería al ataque con la misma fuerza o mayor. El resultado esperado era que la contienda escalara a un punto en que cada bando llegaba a la destrucción total del adversario. Esta doctrina suponía además que el armamento nuclear de los Estados se encontraba disperso por todo el mundo en diferentes tipos de plataformas, por lo que la idea de lanzar un primer ataque devastador sobre la totalidad del armamento atómico de un país para neutralizar un eventual contraataque igual de devastador, resultaba imposible.

Asumiendo que ninguno de los bandos sería lo suficientemente irracional como para arriesgar su propia destrucción, ninguno de ellos se atrevería a lanzar un primer

ataque, bajo el temor de la respuesta. Esta teoría condujo a una situación prolongada de paz tensa.

Norteamérica intentó, por medio de un proyecto presentado durante la Presidencia de Reagan, romper con los postulados de la teoría MAD a partir de la idea de poner en órbita terrestre sobre satélites y alojar en tierra un número determinado de plataformas espaciales artilladas con armamento láser y balístico. Este sistema, denominado BMD (*Ballistic Missile Defense*), consistía en un complejo sistema de sensores y ordenadores, cuyo cometido a grandes rasgos era el de detectar, identificar y hacer seguimiento a misiles en vuelo, que posteriormente serían destruidos por el armamento láser, lo que permitiría anular un ataque enemigo. El proyecto fue conocido popularmente como “guerra de las galaxias” y formaba parte de una iniciativa denominada Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI) que, a diferencia de la MAD tenía un carácter defensivo. Aunque esta iniciativa nunca llegó a desarrollarse plenamente en la práctica, las investigaciones realizadas sirvieron para preparar el terreno a los posteriores sistemas antimisil de teatro.

Se pueden recordar algunos programas tecnológicos que fueron desarrollados en la década de los ochenta como el ERINT (*Extended Range Interceptor*) que formaba parte del Programa de Defensa de Misiles de Teatro y que era una ampliación del FLAGE (*Flexible Lightweight Agile Guided Experiment*) el cual desarrollaba la tecnología “dispara a matar” basada en un preciso y ligero sistema de guiado por radar. Estos sistemas experimentaron modernos sistemas propulsores de motor-cohete. Otros programas de la época fueron el HOE (*Homing Overlay Experiment*), el ERIS (*Exoatmospheric Reentry-vehicle Interception System*), el DEW (*Directed-energy Weapon*), y otros muchos que permitieron importantes avances en el empleo del láser, sensores, satélites, interceptadores, contramedidas, sistemas de vigilancia y seguimiento y otros campos.

Independientemente de su valor estratégico, de las posibles vulnerabilidades del BMD, y de sus consecuencias en el orden mundial, lo que más interesante resulta a los efectos de este trabajo es que esta carrera armamentística supuso sin ningún género de dudas un importante impulso en lo referente a investigación y desarrollo tecnológico. A día de hoy se puede afirmar que, aunque la bomba atómica nunca fue utilizada después de Nagasaki, el mundo se benefició afortunadamente de aquel

equilibrio inestable y que supuso una auténtica revolución en la concepción de la guerra poniendo fin a lo que hasta entonces se entendía por “guerra total”.

Una nueva dinámica se ha establecido en el siglo XXI en lo concerniente al arma nuclear, desde que son las potencias regionales –y no sólo las globales- las que disponen o pueden disponer de dichas armas, cuando no determinados grupos o facciones con posibilidad de acceder, si no a la tecnología nuclear al menos a materiales radiactivos de desecho. De ellos hablaremos más adelante.

En este rápido y sucinto repaso a la evolución de la tecnología en las últimas siete décadas, es obligado dedicar unas líneas a las comunicaciones –medio que permite el ejercicio del mando dando soporte a la transmisión de órdenes hasta los escalones ejecutantes- y a la guerra electrónica, que como es sabido abarca todas las acciones encaminadas a asegurar el uso eficaz de las emisiones electromagnéticas propias e impedir que el enemigo pueda emplear las suyas.

El periodo de la guerra fría fue determinante en el progreso y evolución de la tecnología de las comunicaciones. Los más importantes avances fueron la comunicación satélite de órbita geoestacionaria, los sistemas de multiplexado y la transmisión de datos por conmutación de paquetes de información. A ellos se añadió la utilización de la fibra óptica en los años setenta, que permitía la utilización de un gran ancho de banda en redes fijas, con baja atenuación de la señal y gran seguridad en la comunicación.

En cuanto a las comunicaciones radio, durante esos años se desarrollaron de forma vertiginosa los sistemas de comunicaciones en todas las bandas, tanto en Frecuencia Modulada (FM) como en Amplitud Modulada (AM), consiguiéndose terminales cada vez más sofisticados, más potentes, menos pesados y más resistentes, que dotaban a las comunicaciones de rapidez, seguridad y fiabilidad.

En lo que respecta a la Guerra Electrónica (EW), que había nacido para abaratar los costes y riesgos del espionaje convencional a principios del siglo XX durante la crisis italo-austriaca de 1908 y la guerra italo-turca del año 1911, se desarrolló exponencialmente el mismo día en que comenzó a funcionar el primer radar.

En el transcurso de la Segunda Guerra Mundial se experimentó por primera vez en combate y de forma continuada lo que los ingleses Wilkins y Rowe habían ideado unos años antes y que denominaron RADAR (*Radio Direction and Ranging*). Desde aquel momento la guerra electrónica no ha dejado de evolucionar al compás de la tecnología hasta constituirse hoy en día en un factor decisivo en el combate.

Tradicionalmente se ha dividido en tres áreas: Medidas de Apoyo de Guerra Electrónica (ESM), Contramedidas Electrónicas (ECM) y Medidas de Protección Electrónicas (EPM), también denominadas Contra-contramedidas electrónicas (ECCM). Este campo de la tecnología impregna la totalidad de las facetas del combate, puesto que abarca la aplicación de dispositivos integrados en sistemas aéreos, terrestres y marítimos para ser utilizados tanto en acciones ofensivas como defensivas, y cualquiera que sea el uso que se de al espectro electromagnético. Su evolución desde aquellos años del conflicto mundial ha sido constante hasta nuestros días y al compás de su progreso ha evolucionado la doctrina y la táctica.

Acciones como la búsqueda direccional de la emisión electromagnética encaminada a la localización o DF (*Direction Finding*), y el análisis del espectro con el fin de obtener información y evaluarla fueron utilizadas profusamente durante la Segunda Guerra Mundial y en conflictos posteriores.

A toda medida electrónica se opone la correspondiente contramedida y a ésta, a su vez, una nueva contracontramedida. De esta forma y a lo largo de las décadas que siguieron al conflicto mundial, se fueron desarrollando las tres grandes áreas de la EW.

A las primitivas técnicas empleadas por rudimentarios radiolocalizadores siguieron las de interferencia –tanto activa como pasiva- mediante perturbación o *jamming* o las de decepción o engaño, las cuales requerían nuevos equipos cada vez más sofisticados y capaces, que dieron lugar a las primeras ECM. El primero de los sistemas empleados para interferir fue el denominado *Window*, que era un rudimentario *chaff* a base de tiras de papel de estaño cuya finalidad era la de confundir mediante falsos ecos a los operadores de radar enemigos. En cuanto a la decepción, fueron las bengalas de infrarrojos los primeros artefactos que se utilizaron de forma sistemática para engañar a los radares enemigos.

Para eludir las contramedidas enemigas se fueron desarrollando como hemos dicho las correspondientes ECCM que consistían básicamente en desarrollar la capacidad de preservar los equipos propios de las perturbaciones enemigas. Así se desarrollaron tecnologías encaminadas a que los equipos pudieran “huir” de una frecuencia de trabajo con la rapidez suficiente para que ésta no fuera localizada por los equipos enemigos. De esta manera se empezó a desarrollar la tecnología de la *frequency agility* que permitía cambiar rápidamente la frecuencia del equipo sin interrumpir la emisión y la de *frequency diversity* que permitía operar en varias frecuencias.

La tecnología permitió también desarrollar el anulado de antena mediante la modificación de la ganancia de antena en determinadas direcciones, el ensanchamiento del espectro o la transmisión por ráfagas (*burst transmisión*).

Otras actividades llevadas a cabo en el marco de la EW en el periodo estudiado han sido las de recoger, evaluar, analizar, interpretar y valorar informaciones recogidas en el campo electromagnético, actividad conocida como Inteligencia de Señales (SIGINT) que se subdivide en Inteligencia de Comunicaciones (COMINT) cuando las señales proceden de las telecomunicaciones, e Inteligencia Electrónica (ELINT) cuando proceden de cualquier otra fuente.

No sólo las comunicaciones y el radar han sido actividades de guerra electrónica. También lo han sido el espectro infrarrojo, la electro-óptica y el láser.

De todos es sabido que desde que finalizó la estrategia de bloques a finales del siglo pasado, el orden mundial que nos ha tocado vivir se ha caracterizado por las denominadas amenazas asimétricas y omnidireccionales, que no precisan de la escalada nuclear de la que antes hablábamos para poner fin a la forma que tenemos de entender el mundo. Es más, incluso se recurre a formas tradicionales de destrucción o violencia que fueron utilizadas siglos atrás y que comparten espacio en el campo de batalla con las más modernas tecnologías. Podemos poner como ejemplo los gases utilizados en la guerra Irán-Irak, que en poco se diferenciaban de los de la Primera Guerra Mundial.

La guerra bajo formas no convencionales -como es el caso de la insurgencia, la guerrilla o el terrorismo- también son una muestra de la forma en que se pueden

utilizar métodos y tecnologías más propios del pasado, teniendo presentes por supuesto los numerosos matices que diferencian cada uno de los tipos de guerra mencionados. En muchos casos además, los grupos terroristas o insurgentes provistos de tecnologías no muy evolucionadas se enfrentan a naciones con alto nivel tecnológico cuyas Fuerzas Armadas están dotadas de armamento sofisticado. Son muchos los ejemplos históricos en que facciones irregulares han hecho frente con éxito a ejércitos dotados de avanzadas tecnologías. Podemos citar a la guerrilla del Vietcong frente a los norteamericanos, las derrotas de Francia en Indochina y Argelia, las de la Unión Soviética en Afganistán, o las de Israel en diferentes campañas en el Líbano frente a Hizbolá. Pero aunque sea la forma de hacer la guerra o el terreno, y no el número de misiles y su precisión, lo que constituya un factor clave para la victoria, eso no ha sido óbice a lo largo de la historia para que estos grupos hayan puesto todo su empeño en dotarse con modernos sistemas y armas. En concreto, a lo largo del siglo XX, los avances tecnológicos han permitido poner al alcance de estos grupos una serie de pequeños pero tremendamente poderosos artefactos, que van desde simples armas cortas a los más complejos misiles, pasando por modernos equipos de comunicaciones y todo tipo de explosivos.

En manos de los terroristas, la tecnología moderna ha convertido a la sociedad en mucho más vulnerable desde los años sesenta en que el terrorismo internacional comenzó a tomar auge. Un simple misil antiaéreo puede derribar un avión con cientos de pasajeros civiles y un escape de gas tóxico en el metro de una gran ciudad puede producir cientos de bajas y aterrorizar a todo un continente.

Desde los años noventa en que el arsenal nuclear soviético quedó en buena medida fuera de control, se ha barajado la posibilidad –no sin cierto tremendismo- de que los grupos terroristas puedan hacerse con la tecnología necesaria para fabricar una bomba atómica. Aunque esto sería prácticamente inviable, no se descarta el uso de un explosivo convencional para diseminar material radiactivo sobre un área de terreno con el fin de producir daños a las personas o dejar la zona inhabitable. Este tipo de técnica, más accesible a los terroristas que las armas nucleares por su diseño más sencillo, constituyen las denominadas “bombas sucias”, que aunque usan elementos radiactivos no desencadenan reacción nuclear alguna. Tampoco se

puede descartar el empleo por estos grupos de determinados componentes biológicos o químicos.

Es preciso añadir que en la lucha contra el terrorismo, la más avanzada tecnología no siempre ha sido capaz de distinguir al terrorista de su entorno, y las más sofisticadas armas no han podido discriminarlo de quienes le rodean, por lo que los ataques quirúrgicos no han sido posibles y los daños colaterales han sido inevitables, con el correspondiente tributo de cara a la opinión pública.

Para algunos autores, la llamada guerra asimétrica se produjo como reacción a una nueva teoría nacida en Estados Unidos denominada "Revolución en los Asuntos Militares". Sólo mediante este tipo de guerra se podía hacer frente a la desproporcionada ventaja tecnológica de Estados Unidos, puesta de manifiesto en la segunda guerra del Golfo y posteriormente en Serbia-Montenegro. Esta RMA (*Revolution in Military Affairs*) no es otra cosa que una teoría sobre el futuro de la guerra, generalmente relacionada con la tecnología y los aspectos organizativos, ligada de forma particular a la tecnología de la información, las comunicaciones y la tecnología espacial, y cuyo objetivo es permitir recomendaciones en el campo de la defensa relativas a la transformación de las Fuerzas Armadas y a la plena integración de sistemas. Aunque muchos países han intentado en los últimos años llevar a cabo esta RMA, sólo han podido iniciar los procesos correspondientes aquellos que estuvieron dispuestos a hacer fuertes inversiones en ella.

Este orden mundial que antes hemos dibujado, ha dado paso a la era de la información, en la que cobran especial importancia desde el punto de vista tecnológico los sistemas de información, que permiten al mando contar con la información necesaria para dominar al adversario, entre los que se encuentran los Sistemas C4I, (*Command Control, Communications, Computer and Information*), las redes digitales los sistemas de posicionamiento global. De ellos hablaremos en capítulos posteriores.

Para finalizar podríamos hacer algunas reflexiones que nos permitan resumir las ideas expresadas y obtener algunas conclusiones:

- La historia reciente demuestra que, en ocasiones, ha sido la tecnología la que ha hecho evolucionar los conceptos del arte de la guerra y, en otros momentos, ha

sido la tecnología la que ha tenido que avanzar para estar a la altura de los requerimientos operacionales. Aunque los avances tecnológicos hayan propiciado cambios en la forma de conducir la guerra, no parece que hayan influido –en sentido estricto- en las causas de los conflictos, independientemente del interés que puedan tener los fabricantes de armamento en vender sus productos. Sin embargo, no faltan quienes defienden una teoría determinística según la cual el momento propicio para iniciar una guerra, sobre todo si ésta era inevitable, venía marcado por la oportunidad del momento tecnológico que vivían sus ejércitos.

- Permaneciendo fijos el resto de los factores, cuanto menos complicado es el escenario en que se lleva a cabo el combate, mayores son las ventajas que proporciona la alta tecnología.
- En las últimas décadas, cada desarrollo tecnológico en el campo de la defensa se ha visto seguido por el correspondiente desarrollo para combatirlo o neutralizarlo, de manera que cada generación de armas está permanentemente expuesta a quedar obsoleta y ser superada o mejorada por otra más efectiva.
- La historia reciente demuestra que en la mayoría de los ámbitos de la guerra, ningún arma es suficiente por sí sola.
- Uno de los legados de la Segunda Guerra Mundial ha sido la confianza que ha despertado la tecnología tanto en el ámbito militar como en el civil. Es un hecho comprobado –naturalmente con las correspondientes salvedades- que la tecnología militar en diferentes países y regiones tiende a homogeneizarse por efecto de la globalización: los materiales y equipos que resultan eficaces para un determinado país o ejército, son adquiridos rápidamente por otros. Esta uniformidad lleva en muchos casos a generar también réplicas similares en la conducción de la guerra, en los procedimientos, tácticas y doctrinas.
- La maniobra con movimientos rápidos de evasión y la dispersión de las unidades en los ámbitos de la guerra terrestre naval y aérea fue una consecuencia de los avances en la precisión y potencia de las armas. El resultado fue el aumento de problemas para batir el blanco y en la comunicación de unidades entre sí y de estas con sus puestos de mando y control. Para hacer frente a estos problemas, se dedicó un gran esfuerzo a la investigación y desarrollo en el campo de la

electrónica para asegurar la transmisión el ejercicio del mando y la coordinación, esto es, para hacer las comunicaciones seguras, flexibles y fiables.

- Posiblemente la dedicación a la electrónica ha hecho que los avances en otros campos hayan quedado en un segundo plano o se hayan realizado a un ritmo más lento, de manera que desde la Segunda Guerra Mundial apenas se hayan percibido sustanciales o revolucionarios cambios. Tales podrían ser los casos de los motores de combustión interna o determinados sistemas de amortiguación de vehículos, por poner algún ejemplo.
- Ningún país puede permitirse retirar las viejas armas o sistemas en uso sin antes disponer de su correspondiente reemplazo. Por otro lado, el impulso tecnológico que supone la constante investigación y el desarrollo de nuevas armas, es el responsable de que en las últimas décadas se multiplicara el número de modelos diferentes de armas y sistemas simultáneamente en servicio. Por tal motivo, y con la idea permanente de obtener la máxima eficacia de todos ellos, se produjo una imparable tendencia a la integración, que a su vez hizo que se diera la paradoja de que siendo cada elemento por separado menos valioso, unos y otro fueran interdependientes.
- La mayoría de los sistemas de armas han sido diseñados para enfrentarse a otras máquinas, no para hacerlo a personas.

La tecnología permitirá en un futuro muy próximo encriptar la información de manera que las comunicaciones sean inviolables. Si se codifica la información en átomos, dicha información puede ser estructurada en forma de luz, enviarla a otro grupo de átomos, e imprimir desde ellos la información. Es lo que se denomina comunicación cuántica, que sin duda encontrará pronto su aplicación militar. Pero eso ya pertenece al futuro.

## **Bibliografía**

- ÁLVAREZ, Cristóbal "A Summarized History of the Development of Military Technology". [www.warscholar.com](http://www.warscholar.com)
- ARCANGELIS, Mario de. Historia de la guerra electrónica. Editorial San Martín. Madrid, 1983.

- BALARAM, P. "Science, Technology and War". Current Science. Nº 7, Vol 84, abril 2003.
- BARKER, A.J. La Guerra del Yom Kippur. Editorial San Martín. Madrid, 1975.
- BUZAN, Barry. Introducción a los Estudios Estratégicos. Tecnología Militar y Relaciones Internacionales. Ediciones Ejército. Madrid, 1991.
- GRAY, Colin S. How Has War Changed Since the End of the Cold War. Discussion Paper. National Intelligence Council.
- HOWARD, Michael, & GUILMARTIN, John F. "Two Historians in Technology and War". [www.au.af.mil](http://www.au.af.mil)
- JARYMOWYCZ, Roman. "The History of Military Technology". Précis EO 400.1. [www.cfsj.forces.gc.ca/oic/](http://www.cfsj.forces.gc.ca/oic/)
- MARTÍ SEMPERE, Carlos. Tecnología de la Defensa. Instituto Universitario "General Gutiérrez Mellado" (UNED). Madrid, 2006.
- PARKER, Geoffrey (ed.). The Cambridge History of Warfare. Cambridge University Press. Ohio 2005.
- RIDLER, Jason S. "Thinking Outside the Black Box: Some Historical Inquiries into the Relationship of Technology and Warfare". War Studies of the Royal Military College of Canada. [www.cda-cdai.ca](http://www.cda-cdai.ca)
- ROLAND, Alex. "Technology and War". American Diplomacy. [www.unc.edu](http://www.unc.edu)
- TOWNSHEND, Charles. The Oxford History of Modern War. Oxford University Press. New York 2000.
- VAN CREVELD, Martin. Technology and War. The Free Press. New York, 1991.
- \_\_\_\_\_ Modern Conventional Warfare: An Overview. Discussion Paper. National Intelligence Council.
- WRIGHT, Quincy. A Study of War. The University of Chicago Press. Midway Reprint. Chicago, 1983.