

¿Es necesaria la guerra para el crecimiento económico?

por Vernon W. Ruttan¹

Introducción

En un libro publicado en 2001, *Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective*, discutí varios ejemplos, pero no presté particular atención al papel de la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa, como una fuente de desarrollo de la tecnología comercial. Una generalización principal de aquel trabajo fue que el gobierno había jugado un papel importante en el desarrollo de casi todas las tecnologías de utilidad general en las que Estados Unidos era internacionalmente competitivo.

La preparación para varias charlas posteriores a la publicación del libro me llevó a reexaminar lo que había escrito. Se hizo evidente para mí que la defensa y las instituciones ligadas a ella habían jugado un papel predominante en el desarrollo de muchas de las tecnologías de utilidad general que había discutido. El papel de la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa estaba ahí, a plena luz. ¡Pero yo no era capaz de reconocerlo o no quería hacerlo!

Con considerable reticencia, decidí emprender la preparación del libro que discuto en este artículo, *Is War Necessary for Economic Growth? Military Procurement and Technology Development*. En este artículo recorro también a material de mi libro anterior, *Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective*.

Un objetivo principal de este artículo consiste en demostrar que la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa han sido grandes fuentes del desarrollo tecnológico en un amplio espectro de industrias, que representan una parte importante de la producción industrial de Estados Unidos.

Sostengo que, si faltara la contribución proveniente de la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa, el panorama tecnológico de los Estados Unidos y del mundo sería enormemente diferente. También sostengo que, al mirar hacia el futuro, la contribución a la producción industrial de Estados Unidos hecha por la investigación, el desarrollo y la adquisición de tecnología en el ámbito militar y de la defensa, será menor de lo que fue en la segunda mitad del siglo pasado.

Una consecuencia es que en el futuro el índice de crecimiento de productividad y ganancia en la economía de Estados Unidos será más lento que durante las primeras dos décadas posteriores a la Primera Guerra Mundial o durante la burbuja

¹ University of Minnesota. UNIVERSITY OF MINNESOTA. CLEMONS LECTURE, SAINT JOHNS UNIVERSITY, COLLEGEVILLE, MINNESOTA. OCTOBER 9, 2006. Traducido por UNSAM EDITA.

de la tecnología de la información que comenzó a principios de la década de los noventa.

En la primera sección de este artículo repaso en primer lugar el papel de la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa como fuentes del desarrollo de la tecnología comercial, mediante el análisis de una serie de tecnologías de utilidad general. En secciones posteriores, trato de las implicancias que tiene mi análisis de las distintas tecnologías de utilidad general a nivel de política industrial.

Vale la pena recordar, antes de tratar la historia más reciente, que el conocimiento adquirido a partir de la fabricación de armas jugó un papel importante en la revolución industrial. James Watt, para taladrar los condensadores de sus máquinas de vapor, recurrió a John Wilkinson, un perforador de cañones que había inventado la única máquina en toda Inglaterra que podía perforar un bloque de hierro fundido con precisión. En Estados Unidos, el llamado *sistema americano de manufacturación* surgió del sistema de fabricación de pistolas del arsenal de New England. En 1774, el presidente George Washington, molesto por el accionar incorrecto y la corrupción en el sistema de contratos para la adquisición de armas, propuso una ley, aprobada por el Congreso, para crear cuatro fábricas públicas de armas para manufacturar y proveer de armas al ejército de Estados Unidos. La Springfield Armory se convirtió en una fuente importante de máquinas para trabajar la madera y el metal. Las armas con partes intercambiables se desarrollaron por primera vez en la Harpers Ferry Armory.

Seis tecnologías de utilidad general

Las tecnologías de utilidad general discutidas en esta sección –pertenecientes a las industrias de la aviación, la energía nuclear, la computación, los semiconductores, Internet, y la comunicación espacial y la observación de la Tierra– han tenido un impacto generalizado en el desarrollo de productos y el crecimiento de la productividad en un amplio espectro de industrias de Estados Unidos. La investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa han jugado un papel importante en el avance tecnológico de estas distintas industrias. Cada una de ellas implicó cambios radicales o revolucionarios –antes que cambios de volumen– en la tecnología. No trato, ni en mi libro, ni en este artículo, el amplio número de efectos derivados secundarios que surgen de la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa. Un ejemplo clásico es el microondas, un sub-producto de la investigación y el desarrollo involucrado en la invención del radar.

La industria de la aviación

Las fuerzas armadas de Estados Unidos han estado íntimamente involucradas en el desarrollo de la aviación desde que el Army Signal Corps compró su primer avión a los hermanos Wright, en 1907. La adquisición de aviones militares y el apoyo a la investigación y el desarrollo aeronáutico han sido los dos instrumentos principales utilizados para sostener el desarrollo de la industria de la aviación.

La industria de la aviación es única entre las industrias manufactureras, puesto que se estableció una organización de investigación gubernamental con el fin de apoyar la investigación sobre el desarrollo tecnológico para esta industria. Para mediados de la década de 1920, la investigación llevada a cabo o apoyada por el National Committee on Aeronautics (NACA) empezaba a tener un gran impacto en el diseño y el desempeño de los aviones. La mayoría de los avances que se obtuvieron a partir de la investigación y el desarrollo del NACA tenían un “uso doble” –aplicables tanto a la aviación militar como a la comercial. Todos los aviones de Estados Unidos y todos los motores de aviones que fueron utilizados en la Segunda Guerra Mundial habían sido sometidos a pruebas y mejorados por ingenieros del NACA. Estos avances habían sido alcanzados a un costo notablemente bajo. El lanzamiento del Sputnik en 1957 por parte de la Unión Soviética desencadenó una serie de eventos que llevaron a que el NACA fuera absorbido por una agencia nueva, la National Aeronautics and Space Administration (NASA).

La relación entre las adquisiciones militares y el desarrollo de la tecnología comercial se ve ilustrada con particular fuerza por el desarrollo del Boeing 707 y el 747. Los ingenieros de Boeing empezaron a considerar la posibilidad de desarrollar un avión jet comercial a comienzo de la década de los cuarenta. Se consideraba dudoso que las ventas iniciales pudieran justificar los gastos que implicaba este desarrollo. El problema de financiar los costos de desarrollo para lo que sería el Boeing 707 fueron resueltos cuando Boeing obtuvo un contrato con la Fuerza Aérea para construir un avión cisterna militar, diseñado para reabastecer de combustible al bombardero B-52 durante el vuelo.

El desarrollo del Boeing 747 siguió pautas algo diferentes. En 1965, Boeing perdió un concurso de la Fuerza Aérea para diseñar un voluminoso transporte militar, a manos de Lockheed. Basándose en el diseño que sus ingenieros habían desarrollado para este transporte militar, Boeing pasó a diseñar lo que sería el Boeing 747, un jet comercial de fuselaje ancho. Para comienzos de la década de los setenta, el Boeing 747 era reconocido como el avión que había establecido el estándar que definía la madurez tecnológica en la industria moderna del transporte comercial aéreo.

Energía nuclear

El desarrollo inicial de la energía eléctrica tuvo lugar enteramente dentro del sector privado. Un interés primordial del equipo de investigación establecido por Thomas Edison en Menlo Park en 1876 era el desarrollo de un sistema para la generación y distribución de la energía eléctrica. A lo largo del medio siglo siguiente, la industria de la energía eléctrica se convirtió en la fuente primordial del crecimiento de la economía de Estados Unidos. Esta industria hizo posible la construcción de sistemas eléctricos para hogares, fábricas y granjas.

Átomos para la guerra

La demostración de la factibilidad de la fisión nuclear controlada, llevada a cabo por un equipo dirigido por el joven físico italiano, Enrico Fermi, en los laboratorios

del University of Chicago Stagg Field en octubre de 1942, preparó el terreno para que las instituciones relacionadas con las fuerzas armadas y la defensa de Estados Unidos desempeñaran un papel activo en el desarrollo de tecnologías para la industria energética. Desde sus comienzos, resulta imposible pensar el desarrollo de la industria energética nuclear, si se la desvincula de la aplicación militar de la energía nuclear.

La demostración de Fermi de la posibilidad de la fisión nuclear controlada tuvo un antecedente crucial en 1938, cuando dos químicos alemanes, Otto Hahn y Fritz Strassmann, del Kaiser Wilhelm Institut de Berlin, descubrieron que podían dividir átomos mediante el bombardeo de sus núcleos con neutrones. De inmediato, se reconoció en la comunidad de la física, tanto en Europa como en Estados Unidos, que, si se podía controlar y dirigir la energía liberada al dividir un átomo de uranio, podría ser posible construir un arma nuclear que fuera más poderosa que cualquier otra disponible al momento.

Las implicancias del descubrimiento de Hahn y Strassmann fueron puestas a disposición del presidente Roosevelt. Después de una demora considerable, la responsabilidad por la producción de una bomba atómica fue asignada al Ejército, el cual a su vez la reasignó al Cuerpo de Ingenieros. En junio de 1942, el Cuerpo formó el Manhattan District, bajo la dirección del coronel Leslie Groves, para supervisar y construir una bomba atómica. El diseño y la producción de la bomba implicaron el establecimiento de un sistema de laboratorios y la construcción de tres ciudades completamente nuevas en Oak Ridge, Tennessee, Hanford, Washington, y Los Alamos, New Mexico.

Átomos para la paz

En 1946, la dirección encargada del desarrollo, la promoción y la regulación de la tecnología nuclear, tanto con fines militares como civiles, fue transferida a una Comisión de Energía Atómica recientemente creada. El discurso del presidente Eisenhower frente a las Naciones Unidas en diciembre de 1953, "Átomos para la paz", comprometió a Estados Unidos a jugar un papel mucho más activo en el desarrollo de la energía nuclear comercial.

En diciembre de 1954, la Comisión de Energía Atómica, bajo considerable presión por parte del Congreso y la industria energética, anunció un Programa para la creación de un reactor de energía nuclear. Al tiempo que se anunciaba ese proyecto, la Comisión de Energía Atómica ya había tomado la decisión de cooperar con Duquesne Power and Light, para construir un reactor de agua presurizada en Shippingport, Pennsylvania. Esa decisión fue consecuencia directa de la tomada por la Marina en 1950 de desarrollar un reactor nuclear de agua ligera para impulsar su primer submarino nuclear.

En 1962, operaban siete plantas prototipo de energía nuclear comercial, las cuales utilizaban diferentes tecnologías para el enfriamiento y para sus moderadores. Para mediados de la década de los sesenta, sin embargo, la experimentación sobre reactores de energía nuclear había terminado. El reactor de agua presurizada de Westinghouse y el reactor de agua hirviendo de la General Electric se convirtieron

en los estándares de la industria. No había en ninguna parte empresas de servicios eléctricos profundamente involucradas en la investigación nuclear. ¡Daban por hecho que un reactor nuclear era solo otra forma de hervir agua!

Para mediados de la década de los setenta, la industria energética United Nuclear parecía destinada a una rápida expansión. Se esperaba que la crisis en el suministro de petróleo, que había comenzado a principios de la década, incrementaría la demanda de energía nuclear. Que, hacia fines de la década, una combinación de preocupaciones por la seguridad, la salud y el medio ambiente detuviera la expansión de la capacidad de la energía nuclear resultó un hecho completamente inesperado. Los reactores de agua ligera de la década de los sesenta ya no eran comercialmente viables en Estados Unidos, debido en gran parte a consideraciones de ingeniería y costos.

La industria de la computación

La primera computadora electrónica digital multipropósito fue construida por John W. Mauchly y J. Prosper Eckert en la University of Pennsylvania's Moore School of Electrical Engineering en 1946. El desarrollo de la máquina, la Electric Numerical Integrator and Calculator (ENIAC) fue financiado por el Army's Aberdeen Ballistics Missile Laboratory. El primer programa que se ejecutó en la ENIAC fue una simulación del encendido de la bomba de hidrógeno. Una segunda computadora desarrollada por el grupo de la Moore School, la Electronic Discreet Variable Computer (EDVAC), incorporó un programa almacenado y procesamiento secuencial. En lo que se conocería como la arquitectura de von Neumann, la unidad de procesamiento de la computadora recoge instrucciones de una memoria central, que almacena tanto datos como programas, opera sobre los datos y devuelve los resultados a la memoria central.

En junio de 1946, Eckert y Mauchly formaron la Electronic Control Company. Una segunda compañía pionera, Engineering Research Associates (ERA), también fue fundada en 1946 por miembros del personal de la Naval Communications Supplemental Activity, situada en St. Paul, los cuales habían estado involucrados en el desarrollo de computadoras en apoyo de las tareas de criptografía de la Marina. Ambas firmas fueron absorbidas por Remington Rand. Ambas se vieron decepcionadas por la falta de entusiasmo de Remington por el desarrollo de la computación a nivel comercial.

La guerra de Corea llevó a IBM a tomar la decisión de entrar en el mercado de las computadoras comerciales. La IBM Defense Calculator, rebautizada como la 701, fue oficialmente presentada en abril de 1953. La intensificación de la Guerra Fría a comienzos de la década de los cincuenta jugó un papel crucial en la decisión de IBM de manufacturar una computadora comercial completamente transistorizada. El ímpetu provino de una decisión de IBM de cooperar con el MIT Lincoln Laboratory en el desarrollo del Semi-Automatic Ground Environment (SAGE), financiado por la Fuerza Aérea de Estados Unidos. El objetivo del proyecto SAGE era detectar aviones extranjeros, seleccionar el avión interceptor apropiado y determinar trayectorias de defensa antiaérea.

Mientras se completaba el proyecto SAGE, IBM estaba produciendo seis líneas diferentes de computadoras, las cuales tenían sistemas operativos incompatibles.

En 1965, IBM presentó la primera de las computadoras de la familia del 360, diseñada para aplicación tanto militar como comercial. Las computadoras de la familia del 360 usaban circuitos integrados en lugar de transistores. Sin importar el tamaño, todas contenían los mismos circuitos de estado sólido y respondían a las mismas instrucciones. La plataforma 360 pasó a ser el estándar de la industria por el resto de las décadas de los sesenta y los setenta.

La alternativa al camino seguido por IBM era diseñar computadoras específicamente para aplicaciones relacionadas con la defensa, que serían más rápidas que cualquier computadora de IBM en aritmética en coma flotante. La Control Data 6000 de 1964, diseñada por Seymore Cray, fue la primera máquina que correctamente podría llamarse una supercomputadora. En 1972, Cray y otros colegas dejaron Control Data para formar una nueva compañía, Cray Research, que producía las computadoras más rápidas del mundo. Las computadoras diseñadas por Cray dominaron el mercado de la computación de alta gama utilizada por las agencias e industrias relacionadas con el ámbito militar y de la defensa, hasta después del fin de la Guerra Fría, cuando Cray no pudo encontrar un mercado para su computadora más nueva.

La industria de los semiconductores

La invención del transistor y del microprocesador fueron los dos principales inventos que facilitaron el surgimiento de la computadora como una tecnología de utilidad general. Ya en la década de los cuarenta se comprendió que la velocidad, la confiabilidad, el tamaño físico y las propiedades de generación de calor de los tubos de vacío utilizados en dispositivos de conmutación telefónica, impondrían una importante restricción técnica sobre la conmutación eléctrica. Estas mismas limitaciones fueron también reconocidas como grandes restricciones en el desarrollo de computadoras más rápidas y más pequeñas.

Después de la Segunda Guerra Mundial, los Bell Laboratories crearon un programa de investigación sobre el estado sólido, dirigido por William Shockley, para promover conocimientos que podrían ser usados en el desarrollo de componentes y aparatos completamente nuevos y mejorados para sistemas de comunicación. El 15 de diciembre de 1947, cuando intentaban entender por qué había fallado un prototipo de amplificador de semiconductor desarrollado por Shockley, dos colegas, John Bardeen y Walter Brattain, produjeron el primer transistor en funcionamiento (el transistor de punto de contacto). Su trabajo hizo que Shockley se esforzara por desarrollar el transistor de unión bipolar. Antes de que la producción del transistor de unión fuera factible, se requirió de ciertos avances en ingeniería, particularmente el desarrollo de técnicas para producir germanio y cristales de silicio.

Hasta fines de la década de los cincuenta, los transistores fueron dispositivos discretos –cada transistor debía ser conectado a mano a otro transistor en una placa de circuito. A mediados de la década de los cincuenta, Texas Instruments, por entonces líder en la producción de transistores de silicio, dio comienzo a un programa de investigación bajo la dirección de Jack Kilby, para rediseñar los componentes de los semiconductores con el fin de reducir las interconexiones de los circuitos.

En 1958 estos esfuerzos dieron como resultado un circuito integrado primitivo. Sin embargo, el costo de ensamblar los componentes sueltos del dispositivo de Kilby a mano era muy alto para la explotación comercial. Aproximadamente al mismo tiempo, Robert Noyce y Gordon Moore, de Fairchild Semiconductor, inventaron independientemente el *proceso planar*, el cual implicaba incorporar transistores y capacitadores muy pequeños en una pequeña tajada de silicio, y añadir cables microscópicos para interconectar componentes contiguos.

Hubo dos tipos de circuitos integrados que fueron cruciales para hacer progresar la tecnología de la computación. Uno es un chip de memoria, que permite a la computadora recordar temporalmente programas y otra información. El otro es el microprocesador, que procesa información. El primer microprocesador fue desarrollado en Intel a fines de la década de los sesenta. El progreso técnico en la era de los circuitos integrados se ha movido en una trayectoria orientada hacia el aumento de la densidad de elementos del circuito por chip. En 1965, Gordon Moore, el cofundador de Intel, predijo que el número de transistores por circuito integrado se duplicaría cada dieciocho meses. Esto se conoce como la Ley de Moore.

Inmediatamente, se hicieron evidentes las potenciales aplicaciones militares de los transistores y los semiconductores. La transición entre el invento inicial del transistor y el desarrollo de aplicaciones militares y comerciales de semiconductores y circuitos integrados fue sustancialmente financiada por el Army Signal Corps. Para 1953, el Army Signal Corps financiaba aproximadamente el cincuenta por ciento del desarrollo del transistor en los Bell Laboratories. El propio laboratorio de ingeniería del Signal Corps desarrolló la tecnología para reemplazar la soldadura manual de los componentes. En 1953, el Signal Corps respaldó la construcción de una gran planta de transistores de Western Electric en Lauderdale, Pennsylvania. Para mediados de la década de los cincuenta, también subsidiaba la construcción de instalaciones de General Electric, Ratheon, RCA y Sylvania.

Para 1960, las adquisiciones de la defensa o relacionadas con ella daban cuenta de casi el ochenta por ciento de la venta de semiconductores. La demanda relacionada con el ámbito militar y de la defensa empujó, en el caso de la tecnología del semiconductor, rápidamente hacia abajo la curva de aprendizaje del diseño y la producción. La difusión del conocimiento y el ingreso de firmas nuevas fueron alentados no solo mediante subsidios directos sino también mediante la política de adquisición militar de “segundas fuentes de abastecimiento”. La demanda de semiconductores siguió estando dominada por aplicaciones relacionadas con el ámbito militar y de la defensa, y la necesidad de computadoras cada vez más potentes continuó creciendo hasta bien entrada la década de los setenta.

Internet

El desarrollo de Internet supuso la transformación de una red de computación, establecida inicialmente a fines de la década de los sesenta, por la Advanced Research Projects Agency (ARPA) del Departamento de Defensa. Joseph Licklider, director de la Information Processing Techniques Office (IPO) de ARPA, concibió en primer término un sistema de “tiempo compartido”, en el cual un número de

usuarios accedería a una sola computadora central desde terminales individuales, las cuales estarían conectadas a la computadora central mediante líneas telefónicas de larga distancia. Los mensajes serían descompuestos en pequeños “paquetes de datos” y enviados por el sistema de un modo automático, en lugar de manual.

A comienzos de 1971, ARPA firmó un contrato con Bolt, Bernek y Newman, una pequeña empresa de alta tecnología situada en el área de Cambridge, Massachusetts, con el fin de desarrollar un procesador de mensajes de interfaz (IPM), que sería capaz de enviar paquetes por rutas alternativas. En un tiempo notablemente corto, solo nueve meses después de que se firmara el contrato, el diseño del sistema estaba listo. Con el fin de animar a los diferentes contratistas de sistemas universitarios y de defensa a cumplir con el esfuerzo suplementario de poner en línea el sistema, el director del proyecto ARPA, Lawrence Roberts, se comprometió a hacer una demostración del sistema, entonces llamado ARPANET, en el First International Conference on Computer Communication, que se llevaría a cabo en octubre de 1972, en Washington, D.C. La espectacularmente exitosa demostración convenció a los escépticos de las industrias de la computación y la telefonía de que la conmutación de paquetes podía llegar a ser una tecnología comercial viable.

A pesar de que la capacidad de ARPANET como una herramienta de comunicación era evidente, al menos para aquellos que habían participado en su desarrollo, ni los sponsors de la investigación del Departamento de Defensa ni los miembros del equipo de diseño previeron que tomaría un cuarto de siglo resolver los problemas técnicos e institucionales necesarios para liberar el potencial de ARPANET, o que su uso primordial sería el del e-mail personal y comercial, en lugar de la transmisión de datos y la colaboración en la investigación.

Una cuestión institucional importante consistía en cómo separar las aplicaciones relacionadas con la defensa de las comerciales. En 1982, se tomó la decisión de dividir ARPANET en una red orientada a la investigación, que se seguiría llamando ARPANET, y una red militar operativa, MILNET, que estaría equipada con encriptamiento. Una segunda cuestión institucional ideológicamente significativa era cómo transferir lo que sería luego INTERNET de la operación pública a la privada. El proceso de privatización estaba casi completo para mediados de la década de los noventa, abriendo así el camino para la terminación de la “red de redes” global –la World Wide Web–.

Desde que fue transferida al control civil, los usuarios generalmente han perdido de vista la contribución de la adquisición militar para el desarrollo de INTERNET. Desde la perspectiva del usuario individual o comercial, la fecha crucial que marcó la explosión de INTERNET en la escena cultural y de los negocios es 1994, el año en que fue lanzado un navegador de INTERNET de fácil uso, con transacción segura, llamado Netscape, el cual estaba basado en una investigación llevada a cabo en la University of Illinois. Retrospectivamente, sin embargo, es claro que ninguna otra organización pública o privada más que ARPA estaba dispuesta a proveer recursos científicos, técnicos y financieros para dar apoyo a lo que sería INTERNET.

Las industrias espaciales

El lanzamiento del Sputnik, el primer satélite de observación de la Tierra, el 4 de octubre de 1957, y de un segundo satélite en mayo de 1958 por parte de la Unión Soviética, desafiaron el supuesto liderazgo científico y tecnológico de Estados Unidos. Sin embargo, el presidente Eisenhower y sus asesores militares y científicos inmediatos no parecieron alarmarse mucho por el liderazgo soviético. Estados Unidos había estado sobrevolando la Unión Soviética con aviones espías (el U-2) por más de un año y había iniciado previamente un programa para desarrollar la comunicación satelital y la capacidad de observación. Eisenhower vio en el Sputnik un precedente útil para una política de “libertad internacional del espacio”.

La capacidad de Estados Unidos en ciencia y tecnología de misiles y satélites en el período que siguió al fin de la Segunda Guerra Mundial se basó casi por completo en la obtención de los recursos científicos y tecnológicos del equipo alemán aplicado bajo Hitler al desarrollo de cohetes y liderado por Werner Von Braun. El Ejército de Estados Unidos fue capaz de hacerse de la mayoría del personal y documentos técnicos alemanes importantes y casi todos los cohetes V-2 que quedaban. Luego de un breve interrogatorio en Wright Field, el equipo fue transferido a Fort Bliss (Texas) y luego, en 1940, al Redstone Arsenal en Huntsville, Alabama.

En abril de 1958, el presidente Eisenhower aprobó planes para lanzar un satélite, como parte de la contribución de Estados Unidos a las actividades científicas del Año Geofísico Internacional (AGI). El programa del satélite del AGI, Proyecto Vanguard, fue asignado al Naval Research Laboratory. Bajo presiones de la Casa Blanca, se tomó la decisión de asignar al cohete nuevo y sin probar del Proyecto Vanguard (Test Vehicle 3) poner en órbita un satélite, en Cabo Cañaveral, a principios de diciembre. “Finalmente”, escribe Paul Dickson, “exactamente a las 11:14:55 del viernes 6 de diciembre de 1957, bajo la mirada de todo el mundo, el delgado vehículo se elevó unos pies de la plataforma de lanzamiento, se sacudió un poco, cedió a su propio peso, estalló en llamas y colapsó. Su diminuta carga de 3.2 libras, expulsada a salvo del fuego, rodó entre los arbustos y comenzó a pitar.” Después del fracaso del Vanguard, se permitió a la Ballistics Missile Agency del Ejército emplear su Jupiter 3 ICBM para lanzar el Explorer 1, el primer satélite exitoso de Estados Unidos, el 31 de enero de 1958. Luego de una serie de fracasos, el satélite Vanguard I fue lanzado exitosamente el 17 de febrero de 1959.

Para la época de la crisis del Sputnik, la Agencia de Inteligencia General, la Fuerza Aérea y diversos contratistas de la defensa, ya estaban trabajando en un programa satelital de vigilancia llamado Corona. Corona era tan secreto que, por varios meses desde su comienzo, el jefe de la CIA, Allen Dulles, ordenó que todos los detalles debían ser transmitidos verbalmente. El primer satélite completamente exitoso de CORONA, lanzado el 18 de agosto de 1960, produjo la cobertura fotográfica de un área mayor que el total producido por todas las misiones de los U-2 en la Unión Soviética. Hacia 1999, Cloud y Clarke sostuvieron que el impacto del programa CORONA era tan duradero que resultaba difícil identificar cualquier tecnología, aplicación o conjunto de datos de sistemas de información geográfica, que

no tuviera un origen primario o secundario a partir de la colaboración obtenida de los recursos secretos de las instituciones militares y de inteligencia.

Para comienzos de la década de los sesenta, las potenciales contribuciones estratégicas y económicas de los distintos programas espaciales comenzaban a ser evidentes. El programa de la Army Ballistic Missile Agency, motivado por el enérgico espíritu empresarial burocrático de Von Braun, había puesto en movimiento la tecnología que llevó al programa de vuelos espaciales tripulados de la NASA. El Proyecto Vanguard había sentado las bases para las iniciativas de la NASA en tecnología de ciencia espacial y de comunicación espacial. Los proyectos de vigilancia de la Fuerza Aérea habían conducido a avances en los sistemas de pronóstico del tiempo y observación de la Tierra. Trato con mayor detalle la historia de estos desarrollos, incluyendo el papel de las instituciones relacionadas con las fuerzas armadas y la defensa, y la dificultosa historia de los esfuerzos de privatización, en *Is War Necessary for Economic Growth?*

Madurez tecnológica

Después de experimentar un desarrollo rápido, o incluso explosivo, las tecnologías de utilidad general a menudo tienen un período de madurez o estancamiento. Un indicador de la madurez tecnológica es el incremento en el esfuerzo científico y tecnológico requerido para lograr mayores avances en un indicador de desempeño. En algunos casos, el desarrollo renovado ocurre por la adopción de una nueva trayectoria tecnológica.

El impacto apreciable que una nueva tecnología de utilidad general tiene sobre la productividad industrial o sectorial a menudo no se produce hasta que una tecnología ya establecida se acerca a la madurez. Hace apenas una década, Robert Solow hizo el célebre comentario de que veía computadoras por todas partes excepto en las estadísticas de productividad.

La industria de la electricidad representa un ejemplo clásico. A pesar de que el primer sistema comercialmente exitoso para la generación y distribución de electricidad fue presentado por Thomas A. Edison en 1878, no fue sino hasta bien entrado el siglo XX que la electrificación de la fuerza motriz de las fábricas comenzó a tener un impacto apreciable en el crecimiento de la productividad. Entre los inicios de la década de los veinte y fines de la de los cincuenta, la industria de las empresas eléctricas fue la fuente de casi la mitad del crecimiento de la productividad de Estados Unidos.

La generación de energía eléctrica a partir de plantas de carbón alcanzó la madurez tecnológica entre fines de la década de los cincuenta y comienzos de la siguiente, con unidades de turbina de vapor en el rango de los mil megavatios. La frontera del diseño técnico estaba delimitada por la capacidad de las calderas de soportar temperaturas y presión altas. Es posible que la explotación de recursos energéticos renovables o el desarrollo de otras tecnologías energéticas alternativas (posiblemente, el hidrógeno) podrían, en las décadas futuras, emerger como una nueva tecnología de utilidad general posible. Sin embargo, ninguna de las tecnologías alternativas, incluyendo la energía nuclear, parece hasta el momento

prometer suficiente reducción de costo como para permitir que la industria de la energía eléctrica se convierta nuevamente, en la economía de Estados Unidos, en una fuente líder de crecimiento económico, en lugar de una fuente de sustento del mismo.

La industria de la aviación es un ejemplo de una industria en la cual a una trayectoria tecnológica madura siguió rápidamente una transición hacia una nueva trayectoria tecnológica. La propulsión de aviones mediante hélice (el motor de pistón) alcanzó la madurez tecnológica a fines de la década de 1930. Las bases científicas y técnicas para una transición hacia una trayectoria de propulsión a chorro (el motor de reacción) ya estaban bien encaminadas hacia fines de la década de los treinta. De no haber existido el apoyo militar para la investigación y el desarrollo durante la Segunda Guerra Mundial y la adquisición militar durante la guerra de Corea, la transición a los aviones jet comerciales hubiera sido mucho más lenta. El Boeing 747, presentado en 1969, fue el epítome del avión a chorro para transporte comercial maduro.

Para fines de la década de los sesenta hubo indicios de que el desarrollo de la computadora central se estaba aproximando a la madurez tecnológica. Sin embargo, se abrieron nuevas trayectorias mediante el desarrollo del microprocesador. La minicomputadora reemplazó al ordenador central como el segmento de crecimiento más ligero de la industria de la computación, y como una fuente importante de crecimiento del rendimiento y la productividad de la economía de Estados Unidos. El apoyo de agencias de defensa y espaciales contribuyó al progreso en la velocidad y el poder de la supercomputadora a comienzos de la década de los noventa. Para fines de esa década, se manifestaba una preocupación sustancial acerca de las fuentes de futuros avances en el rendimiento de las computadoras.

Una preocupación constante en el ámbito de la computación, y en general de la tecnología de la información, es cuánto durará la ley de Moore, la cual se ha interpretado como una ley que predice como esperable que el número de componentes por cada chip de silicio en un microprocesador se duplique cada dieciocho meses. Puede ser prematuro hacer una caracterización de las industrias de la computación y la tecnología de la información según la cual estas están aproximándose a la madurez. Pero el colapso de la burbuja de la industria de la comunicación que comenzó a fines de la década de los noventa y la continua consolidación de la industria sugieren cierta prudencia sobre las expectativas más extravagantes de crecimiento logístico.

Para finalizar esta sección, permítaseme decir nuevamente por qué he prestado tanta atención a la cuestión de la madurez tecnológica. Históricamente, las nuevas tecnologías de utilidad general han sido los impulsores del crecimiento de la productividad en amplios sectores de la economía de Estados Unidos. No se puede enfatizar demasiado que si requisitos científicos y técnicos, o requisitos culturales e institucionales, demoraran el surgimiento de nuevas tecnologías de utilidad general en las próximas décadas, esto generaría un freno en el ritmo de crecimiento de la productividad en la economía de Estados Unidos. ¡Las novedades continuas en la elaboración técnica de tecnologías de utilidad general ya existentes difícilmente puedan ser suficiente para sostener un alto índice de crecimiento económico! En el

caso de las tecnologías de utilidad general que surgieron como fuentes importantes de crecimiento en Estados Unidos durante la segunda mitad del siglo XX, fue ante todo la demanda de las fuerzas armadas y la defensa lo que en primer término condujo, en el caso de estas tecnologías emergentes, velozmente hacia abajo sus curvas de aprendizaje.

¿Es necesaria la guerra?

Puesto que las tecnologías de utilidad general que fueron inducidas por la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa a lo largo del último medio siglo han madurado, es necesario preguntar si la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa seguirán siendo una fuente importante para el desarrollo de la tecnología comercial.

Cambios en la doctrina militar

Durante las dos primeras décadas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, se consideraba en general evidente por sí mismo que podía esperarse un producto derivado sustancial de tecnología comercial a partir de la adquisición de las fuerzas armadas y de la investigación y el desarrollo relacionado con la defensa. El paradigma del producto derivado había surgido en una era en la que Estados Unidos dominaba la tecnología mundial y la defensa nacional dominaba el desarrollo de la tecnología en Estados Unidos. La caída del crecimiento en la economía de Estados Unidos que comenzó a principios de la década de los setenta llevó a un cuestionamiento de la continuidad de la relevancia del paradigma del producto derivado.

Desde mediados de la década de los ochenta y hasta mediados de la década de los noventa, la tecnología “de uso doble” militar-comercial, se convirtió en la sabiduría convencional sobre cómo resolver el problema del aumento de costos y la baja de calidad en la adquisición militar post Guerra Fría. El gobierno de Clinton adoptó inicialmente, al menos a nivel retórico, el concepto de uso-doble.

En retrospectiva, parece claro que el uso doble y otros esfuerzos relacionados no tenían respaldo suficiente. Encontraron considerable resistencia por parte tanto del Departamento de Defensa como de los grandes contratistas de la defensa. El Congreso Republicano de 1994, como parte de un ataque general a los programas federales de desarrollo de la tecnología, redujo severamente el presupuesto del National Bureau of Standards and Technology’s Advanced Technology Program y eliminó el presupuesto del Technology Reinvestment Program.

El cese del uso doble como una iniciativa principal del Departamento de Defensa fue confirmado en 1993, cuando el subsecretario de Defensa anunció el fin de medio siglo de esfuerzos por parte del Departamento de Defensa por mantener la rivalidad entre contratistas de la defensa que producían productos comparables (tanques, aviones, submarinos y otros). El cambio de política del Pentágono disparó un frenesí de fusiones y adquisiciones que redujeron las filas de los contratistas más importantes, aquellos con ventas de más de mil millones de dólares, de quince en 1993 a cuatro en 1996 (Figura 1).

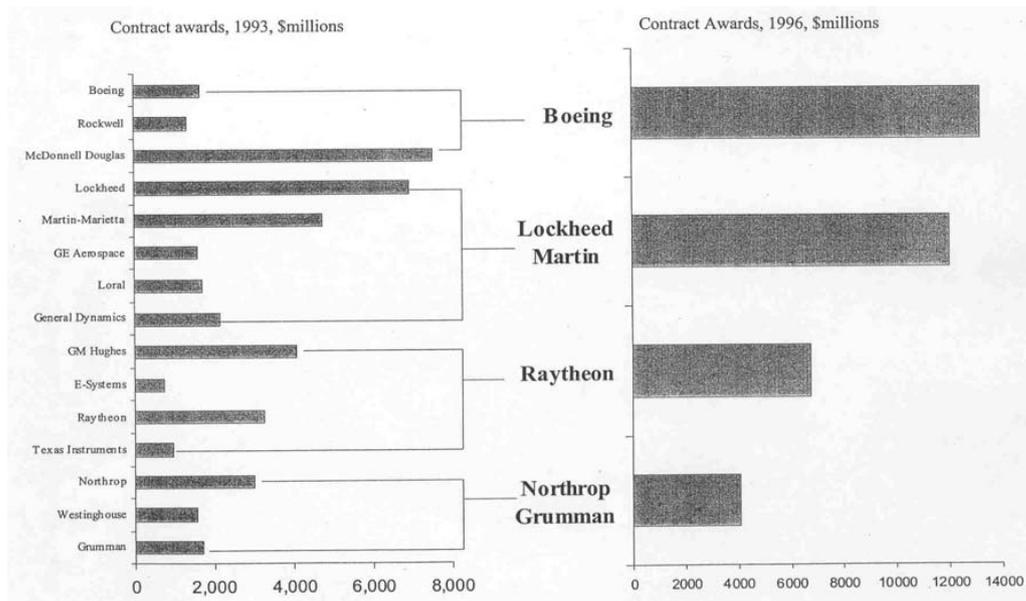


Figura 1. Fusiones en la Defensa de Estados Unidos en la década de los noventa
(FIGURA)

Fuente: Ann Markuson, 1998, "The Post-Cold War Persistence of Defense Spending," en *The Defense Industry in the Post-Cold War Era: Corporate Strategies and Public Policy Perspectives*, ed G. I. Susman and S. O'Keefe (Amsterdam). Reimpreso con autorización de Elsevier.

Para comienzos de la década de los noventa se hacía claro que los cambios en la estructura de la economía de Estados Unidos, de las industrias de la defensa y de la base industrial de la defensa habían generado un escepticismo importante sobre la capacidad de la investigación, el desarrollo y la adquisición en el ámbito militar y de la defensa para seguir jugando un papel importante en la generación de nuevas tecnologías comerciales de utilidad general. Para el cambio de siglo, la parte de producción de la economía de Estados Unidos que resultaba del sector industrial había caído por debajo del quince por ciento. Las adquisiciones relacionadas con las fuerzas armadas y la defensa pasaron a ser una parte pequeña de un sector económico que a su vez representaba una parte pequeña de la actividad económica nacional. El tamaño total de la adquisición del ámbito de la defensa había caído a menos de la mitad del pico producido en 1985 durante la Guerra Fría.

Desde el fin de la Guerra Fría, los objetivos de las agencias de defensa viraron a aumentar su capacidad de responder a misiones tácticas de plazo más corto. Esta tendencia se reforzó por el consenso emergente de que la amenaza de una guerra a nivel de sistemas había terminado con la Guerra Fría. Muchos intelectuales de la defensa llegaron a creer que las grandes guerras interestatales entre las grandes potencias virtualmente habían desaparecido. El efecto ha sido la reducción de incentivos para realizar inversiones a largo plazo en defensa y en la "gran ciencia" y la "gran tecnología" relacionadas con la defensa.

¿Se requiere de una gran guerra, o de la amenaza de guerra, para inducir al gobierno de Estados Unidos a movilizar los recursos científicos, técnicos y financieros necesarios para desarrollar nuevas tecnologías de utilidad general? Si Estados

Unidos intentara movilizar los recursos necesarios, ¿serían las industrias de la defensa, y la base industrial más amplia de la defensa capaces de responder? El acceso a recursos amplios y flexibles fue lo que permitió a empresarios burocráticos poderosos, como Leslie Groves, Hyman Rickover, Joseph Licklider y Del Webb, movilizar los recursos científicos y técnicos necesarios para llevar nuevas tecnologías de utilidad general de la innovación inicial a la viabilidad militar y comercial. Estas prosperaron en un ambiente político y administrativo más abierto, el cual ya no existe para las agencias y firmas relacionadas con las fuerzas armadas y la defensa.

Emprendimientos del sector privado

¿Se puede confiar en los emprendimientos del sector privado como una fuente de nuevas grandes tecnologías de utilidad general? ¡La respuesta inmediata es que no! Cuando las tecnologías nuevas son radicalmente diferentes de las ya existentes y los beneficios a partir de los avances en la tecnología son tan difusos que es difícil para la firma que lleva a cabo la investigación plasmarlos, las firmas privadas del desarrollo de tecnología en etapa temprana solo tienen incentivos débiles para invertir en investigación científica o desarrollo tecnológico. La mayoría de las grandes tecnologías de utilidad general han necesitado apoyo público o privado por varias décadas para poder alcanzar el límite de la viabilidad comercial.

Los que toman decisiones en el sector privado raramente tienen acceso al capital paciente que implica un horizonte de tiempo de veinte años o incluso de diez. Lewis Branscomb y sus colegas de la John F. Kennedy School of Public Affairs de Harvard han notado que muchas de las firmas más antiguas de investigación intensiva se han casi retirado de la conducción de investigación básica y solo están haciendo inversiones limitadas en el desarrollo de tecnología de etapa temprana (Branscomb y Auerswald, 2002).

Las firmas empresariales han sido a menudo muy innovadoras cuando han tenido la oportunidad de captar la renta económica posibilitada por la inversión pública complementaria en la investigación y el desarrollo de tecnología. Incluso las firmas más innovadoras tienen a menudo grandes dificultades para desarrollar más que una pequeña parte de las oportunidades técnicas abiertas por sus propias investigaciones. Es difícil anticipar que el sector privado, sin apoyo público sustancial para la investigación y el desarrollo, vaya a convertirse en una fuente importante de nuevas tecnologías de utilidad general en las próximas décadas.

Desarrollo público de la tecnología comercial

Las conclusiones de las dos últimas secciones –que no se puede contar con la defensa y la investigación y el desarrollo relacionados con la defensa, ni con el emprendimiento del sector privado como fuentes importantes de nuevas tecnologías de utilidad general– nos obligan a incorporar una tercera pregunta en la agenda. ¿Podría una política más agresiva de apoyo a la investigación y el desarrollo, dirigidos al desarrollo de la tecnología comercial, llegar a ser una fuente importante de nuevas tecnologías de utilidad general?

Desde mediados de la década de los sesenta, el gobierno federal ha hecho una serie de esfuerzos para iniciar nuevos programas que apoyan el desarrollo y la difusión de la tecnología comercial. A excepción de los ámbitos de la agricultura y la salud, estos esfuerzos han tenido grandes dificultades para alcanzar la viabilidad económica y política. La financiación de los programas que fueron autorizados en 1965 por el State Technical Services Act, que daba apoyo a universidades para que brindaran asistencia técnica a pequeñas y medianas empresas, fue una baja de la Guerra de Vietnam. La muy exitosa cooperativa de carácter federal-privado Advanced Technology Program de la National Bureau of Standards and Technology a duras penas sobrevivió a los ataques del Congreso hacia los programas federales de tecnología que tuvieron lugar luego de las elecciones de 1994. La sociedad de investigación y desarrollo de semiconductores SEMATECH representa otro modelo de cooperación público-privada exitosa en el desarrollo de tecnología. Pero ese modelo no se repitió en otras industrias. Estados Unidos aún no ha diseñado un conjunto coherente de ordenamientos institucionales para dar apoyo público al desarrollo de la tecnología comercial. Es más, incluso los programas exitosos a los que hemos hecho alusión han sido diseñados para alcanzar ganancias incrementales a corto plazo, antes que para el desarrollo de nuevas tecnologías de utilidad general.

La investigación y el desarrollo en genética molecular y biotecnología representan una excepción mayor. En *Technology, Growth and Development*, sostuve que la biología molecular y la biotecnología representarán la fuente de las nuevas tecnologías de utilidad general más importantes de las primeras décadas del siglo XXI. Por más de tres décadas, comenzando a fines de la década de 1930, la investigación en genética molecular y biotecnología, que llevó al desarrollo de productos comerciales de la biotecnología en las industrias farmacéutica y agrícola, fue financiada casi completamente por fundaciones privadas, la National Science Foundation, los National Institutes for Health y los National Energy Laboratories. Esta investigación fue en gran medida llevada a cabo en laboratorios del gobierno y de universidades.

Cuando las firmas de las industrias farmacéuticas y agrícolas decidieron ingresar al ruedo en la década de los setenta, encontraron que debían acordar subvenciones y contratos muy sustanciales con los laboratorios universitarios para obtener un acceso a los avances en las ciencias biológicas y las técnicas de la biotecnología que ya estaban en marcha en los laboratorios universitarios. Cuando las agencias de defensa de Estados Unidos y la Unión Soviética comenzaron a explorar el desarrollo de las armas biológicas y sus antídotos, también vieron que era necesario acceder a las competencias de la biología molecular que estaban disponibles solo en laboratorios de universidades y de agencias de salud.

Anticipando futuros tecnológicos

Un problema principal a la hora de evaluar futuros tecnológicos es ser capaz de conocer y anticipar las consecuencias de lo que está ocurriendo ahora. Parece bastante evidente, por ejemplo, que si hubiera estado escribiendo este artículo (o mi libro reciente) a mediados de la década de los setenta, no habría notado o le habría

dado poca importancia al potencial comercial de la investigación sobre inteligencia artificial que había sido apoyada por la DARPA Information Processing Office desde comienzos de la década de los sesenta. Seguramente no habría anticipado el desarrollo o el surgimiento de Internet y sus profundos impactos comerciales y culturales. Hoy, encuentro igualmente difícil separar una evaluación científica y técnica sólida, de la euforia creada en torno a la promesa de las nanotecnologías.

Es posible, sin embargo, identificar dos desafíos científicos y técnicos de los que puede esperarse que induzcan exigencias muy sustanciales, de modo que la inversión de sectores públicos y privados haga avanzar el conocimiento científico y el desarrollo de la tecnología en el próximo medio siglo.

Pestes, agentes patógenos y enfermedades

Uno de esos desafíos es la necesidad de desarrollar el conocimiento y la tecnología para enfrentar la co-evolución de pestes, agentes patógenos y enfermedades con agentes de control. Cada vez estamos más sensibilizados por los efectos de esta co-evolución debido al resurgimiento de la tuberculosis y la malaria, el surgimiento de nuevas enfermedades, como el Ébola y el sida, y la amenaza de una nueva epidemia global de influenza. La co-evolución de pestes, agentes patógenos y enfermedades de humanos, animales no humanos y plantas de cultivo con las tecnologías de control, significa que las tecnologías de control químico y biológico a menudo se vuelven ineficaces pasados unos años o décadas. Esto significa, a su vez, que la investigación de mantenimiento –la investigación necesaria para mantener los niveles actuales de salud o protección– debe crecer continuamente como una parte de un presupuesto de investigación constante.

En el presente, la investigación y el desarrollo en el ámbito de la salud tienden a ser altamente específicos sobre pestes y agentes patógenos. No es claro que en este momento se estén llevando a cabo investigaciones que vayan a generar tecnologías amplias, radicales, de utilidad general, relacionadas con el ámbito médico y de la salud, capaz de hacerse cargo de la demanda de una protección sostenible a largo plazo contra la co-evolución de pestes, patógeno y enfermedades con tecnologías de control.

Cambio climático

Mediciones tomadas a fines de la década de los cincuenta indicaron que el dióxido de carbono (CO₂) estaba aumentando en la atmósfera. Desde fines de la década de los sesenta, modelos de simulaciones por computadora indicaron posibles cambios en la temperatura y las precipitaciones que podrían tener lugar a causa de emisiones en la atmósfera de CO₂, óxidos nitrosos (N₂O) y otros gases de efecto invernadero provocadas por los humanos.

Para comienzos de la década de los ochenta, había surgido un acuerdo bastante amplio en la comunidad que investigaba el cambio climático acerca de que las emisiones de gas de efecto invernadero podrían, para el 2050, tener como resultado un elevamiento de la temperatura promedio global de 1,5 a 4,5 grados centígrados, y

un patrón complejo de cambios climáticos a escala mundial. Para comienzos de la década del 2000 era claro, gracias a pruebas de modelos climáticos cada vez más sofisticados, y al monitoreo científico minucioso de cambios en las superficies de la Tierra, tales como el derretimiento en verano de la capa de hielo del Polo Norte, que lo que Roger Revelle había caracterizado como un “vasto experimento global” ya estaba sin duda en camino. También era evidente que había que encontrar una alternativa a los combustibles fósiles a base de carbón.

Desde mediados de la década de los setenta, se han hecho esfuerzos modestos por explorar tecnologías de energías renovables. Ha habido un progreso considerable que impulsa hacia abajo las curvas de aprendizaje para los sistemas fotovoltaico y de turbinas eólicas. El gobierno de Bush ha puesto gran énfasis en el potencial que tiene la tecnología del hidrógeno para ofrecer un sustituto libre de polución a los combustibles a base de carbono en la segunda mitad del siglo XXI. Las amenazas ambientales y los costos económicos de la dependencia de tecnologías de combustibles fósiles son lo suficientemente apremiantes como para justificar un apoyo público sustancialmente más amplio, en la forma tanto de incentivos a la investigación y al desarrollo del sector privado, como de un redireccionamiento del esfuerzo por parte de los laboratorios nacionales de la energía hacia el desarrollo y la difusión de tecnologías de energía alternativa.

Me gustaría volver a poner énfasis sobre dos puntos. El primero es que, aunque sea inmensamente importante, la búsqueda exitosa de tecnologías de la salud y la energía que se ha discutido aquí no resolverá el problema de lograr un crecimiento rápido en la economía de Estados Unidos. Ambas son tecnologías de mantenimiento. Son necesarias para prevenir el deterioro de la salud y el medio ambiente.

El segundo punto es que la preeminencia en la investigación científica solo está débilmente vinculada con la preeminencia en el desarrollo tecnológico. En varias industrias de alta tecnología de Estados Unidos ha sido la adquisición militar lo que ha permitido a las firmas mover rápidamente hacia abajo las curvas de aprendizaje de sus tecnologías. El desarrollo de nuevas tecnologías de utilidad general requerirá de un apoyo público mucho más decidido al desarrollo de la tecnología comercial, ya que se hace cada vez menos posible depender de las adquisiciones relacionadas con la defensa.

Perspectivas

En este artículo, y en mi libro, he analizado el papel que ha jugado la investigación, el desarrollo y la adquisición militar en el desarrollo de las industrias de la aviación, la energía nuclear, la computación, los semiconductores, Internet y la comunicación espacial y la observación de la Tierra. Según demuestro en *Is War Necessary for Economic Growth?*, en cada uno de esos casos el desarrollo de la tecnología comercial se habría visto sustancialmente demorado si no hubiera estado presente la investigación, el desarrollo y la adquisición relacionados con el ámbito militar y de la defensa. He prestado particular atención a las adquisiciones, dado que son estas las que han impulsado hacia abajo rápidamente las curvas de aprendizaje de las nuevas tecnologías en las etapas tempranas de desarrollo.

No he sostenido que estas tecnologías relacionadas con la defensa puedan ser evaluadas de modo correcto principalmente en términos de su impacto sobre el desarrollo de la tecnología comercial. Deben ser evaluadas principalmente en términos de su relación costo-rendimiento en la consecución de los objetivos de misiones militares. Han sido desmesuradamente costosas. Y en la mayoría de los casos no se han hecho los cálculos de costo-rendimiento. Insisto, sin embargo, en que el panorama tecnológico de Estados Unidos, así como el global, serían muy diferentes sin la presencia de las contribuciones militares y de la defensa al desarrollo de la tecnología comercial.

Una respuesta a la pregunta planteada en el título de este artículo requiere una respuesta a dos preguntas adicionales. Una es si la investigación, el desarrollo y la adquisición relacionados con el ámbito militar y de la defensa seguirá siendo una fuente importante de desarrollo de la tecnología comercial. Durante las dos primeras décadas de posguerra, generalmente se consideraba evidente por sí mismo que podían esperarse efectos derivados en el desarrollo de la tecnología comercial a partir de la investigación y el desarrollo relacionados con el ámbito militar y de la defensa. La desaceleración del crecimiento de la producción en Estados Unidos que comenzó a principios de la década de los setenta generó interrogaciones sustanciales acerca de esta suposición.

En 1993, el subsecretario de Defensa anunció el fin de la política de doble fuente que había ayudado a mantener la apariencia de una estructura de complementariedad en las industrias de la defensa. Para fines de la década de los noventa, se hacía claro que los cambios en la estructura de la economía de Estados Unidos y de la base industrial de la defensa, especialmente la consolidación en las industrias de la defensa, habían generado un escepticismo importante sobre la capacidad de la investigación, el desarrollo y la adquisición relacionados con el ámbito militar y de la defensa de seguir jugando un papel importante en la generación de nuevas tecnologías de utilidad general. He sostenido que es poco probable que la investigación, el desarrollo y la adquisición relacionados con el ámbito militar y de la defensa representen una fuente importante de nuevas tecnologías de utilidad general en las próximas décadas.

Una segunda pregunta es si se puede confiar en el sector privado como fuente de grandes desarrollos de nuevas tecnologías de utilidad general. ¡La respuesta inmediata es que no se puede! Cada una de las tecnologías de utilidad general que he analizado ha necesitado al menos varias décadas de apoyo público para alcanzar la meta de la viabilidad militar y comercial. Aquellos que toman decisiones en el sector privado rara vez tienen acceso al capital paciente que implica un horizonte de tiempo medido en décadas antes que en años. Muchas de las firmas privadas de investigación intensiva más antiguas, tales como Bell Telephone Laboratories y RCA, se han casi retirado por completo de la conducción de investigaciones básicas e incluso del desarrollo de tecnologías en sus etapas tempranas.

A medida que cada tecnología de utilidad general alcanza la madurez, el crecimiento económico productivo dependerá del surgimiento de nuevas tecnologías de utilidad general, capaces de generar dividendos por crecimiento en la forma de crecimiento de productividad. Estudios llevados a cabo por Robert Gordon y otros

han demostrado que, en el medio siglo entre 1910 y 1960, el crecimiento de productividad generado por la luz eléctrica y las industrias energéticas ha sido responsable de aproximadamente la mitad del crecimiento productivo de Estados Unidos. Estudios llevados a cabo por Dale Jorgenson y sus colegas indican que las computadoras, los semiconductores y la tecnología de la información relacionada han representado, desde comienzos de la década de los noventa, aproximadamente la mitad del crecimiento productivo de Estados Unidos. A medida que esta tecnología madura, el crecimiento económico sostenido dependerá del surgimiento de nuevas y revolucionarias tecnologías de utilidad general que eleven el crecimiento productivo.

Cuando la historia del desarrollo tecnológico de Estados Unidos de los próximos cincuenta años haya sido finalmente escrita, tengo la impresión de que estará caracterizada por la novedad sin fin –por cambios incrementales antes que revolucionarios, tanto en la tecnología militar como comercial–. También será escrita en el contexto de un crecimiento productivo más lento que aquel que marcan los índices que prevalecieron en Estados Unidos en las primeras décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial, y que han prevalecido desde el comienzo de la burbuja de la tecnología de la información que empezó a principios de la década de los noventa.

Referencias bibliográficas

Alic, John A., Lewis M. Branscomb, Harvey Brooks, A. B. Carter y G. I. Carter. 1992. *Beyond Spinoff: Military and Commercial Technologies in a Changing World*. Boston: Harvard Business School Press.

Alic, John A., David C. Mowery, y E. S. Rubin. 2003. *Technology and Innovation Policy: Lessons for Climate Change*. Arlington, VA: Pew Center for Global Climate Change.

Aserwald, P. E., Lewis M. Branscomb, N. Demos y B. K. Min. 2003. *Understanding Private Sector Decision Making for Early Stage Technology Development*. Washington, DC: National Institute of Standards and Technology, Advanced Technology Program. Mimeograph.

Flamm, Kenneth. 1988. *Creating the Computer*. Washington, DC: Brookings Institution Press.

Flamm, Kenneth. 2004. "Moore's Law and the Economics of Semiconductor Price Trends." En *Productivity and Cyclicity in Semiconductors: Trends, Implications and Questions*, ed. D. Jorgenson y C. W. Essner, 152-170. Washington, DC: National Academies Press.

Gordon, Robert J. 2004. *Productivity Growth, Inflation and Unemployment: The Collected Essays by Robert J. Gordon*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Jorgenson, Dale W. 2001. "Information Technology and the U.S. Economy." *American Economic Review* 91: 1-32.

Mokyer, Joel. 1990. *The Lever of Riches: Creativity and Economic Progress*. New York: Oxford University Press.

National Research Council. 2003. *The Future of Supercomputing: An Interim Report*. Washington, DC: National Academies Press.

Rosenberg, Nathan. 1972. *Technology and American Economic Growth*. New York: Harper and Rowe.

Ruttan, Vernon W. 2001. *Technology, Growth and Development: An Induced Innovation Perspective*. New York: Oxford University Press.

Ruttan, Vernon W. 2006. *Is War Necessary For Economic Growth? Military Procurement and Technology Development*. New York: Oxford University Press.

Smith, Merrit Roe, ed. 1985. *Military Enterprise and Technological Change: Perspectives on the American Experience*. Cambridge, MA: MIT Press.