
PRODUCTIVIDAD DEL SECTOR DE DEFENSA Y DE SEGURIDAD

ANTONIO MARTÍNEZ GONZÁLEZ

Universidad Rey Juan Carlos

NURIA RUEDA LÓPEZ

Universidad CEU-San Pablo

A partir del trabajo seminal de Solow (1957) sobre la contabilidad del crecimiento, la medición de la productividad total de los factores se ha convertido en un hecho habitual para los estudiosos de la economía del crecimiento. Sin embargo, las hipótesis de partida empleadas en este enfoque metodológico imponen una serie de condiciones altamente restrictivas

(el equilibrio de la producción, la asignación óptima de los recursos, los rendimientos constantes a escala, la ausencia de incertidumbre, la existencia de competencia perfecta en los mercados y el pleno empleo de los factores productivos), a las que hay que sumar la condición de que la producción observada se mantenga en estado de eficiencia. El resultado final de este conjunto de restricciones se traduce en que esta metodología impide distinguir entre cambios en la eficiencia y el progreso tecnológico, ya que todas las modificaciones que afectan a la productividad son asimiladas a este último factor.

Para superar las limitaciones anteriormente indicadas, la metodología empleada en este estudio se apoya en un enfoque frontera no paramétrico correspondiente al análisis envolvente de datos (DEA) y la construcción de índices de productividad de Malmquist. Ello presenta como principal ventaja que los resultados no están sesgados por la presencia de ineficiencia, permitiendo descomponer el crecimiento de la productividad en cambio tecnológico y en cambio de la eficiencia técnica.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es el de analizar el crecimiento de la productividad en los dife-

rentes subsectores productivos que conforman la Base Industrial y Tecnología de Defensa y Seguridad (BITDyS), en concreto, se estima la eficiencia técnica de dichos subsectores productivos, para así medir y evaluar la influencia que sobre este tejido tecnológico e innovador, inducen las inversiones productivas del Ministerio de Defensa en su base productiva relacionada.

La BITDyS española constituye un tejido productivo industrial y tecnológico estratégico, no tanto por su dimensión económica que es relativamente reducida en comparación con el conjunto del sector manufacturero español (1), sino por su importancia como pieza clave para garantizar la soberanía nacional en materia productiva en caso de crisis o conflicto bélico y por su elevado componente tecnológico e innovador favorecedor de actividades productivas de alto valor añadido. Esta base industrial y tecnológica contribuye de manera muy significativa al suministro de seguridad y defensa nacional, al dotar de los sistemas de armamento y tecnologías de seguridad necesarias para que las Fuerzas Armadas (FAS) españolas puedan cumplir las misiones que tienen encomendadas. Además, no es menos importante el hecho de que la BITDyS actúa como un potente factor

catalizador e impulsor del desarrollo tecnológico e innovador en los principales sectores productivos de alta tecnología tanto en el ámbito de la producción de defensa como de la producción civil.

Uno de los principales objetivos de la política de defensa española en relación a la política industrial del país consiste en apoyar y fomentar el desarrollo y la consolidación de una base industrial y tecnológica manufacturera y de servicios innovadora y competitiva, en particular en el entorno de la defensa y la seguridad nacional (2). Un tejido industrial y tecnológico de estas características constituye, sin duda alguna, un importante requisito previo para poder alcanzar una eficaz política de seguridad y defensa nacional, al proporcionar a España, por un lado, capacidad de actuación autónoma para responder a posibles crisis nacionales de manera independiente y, por otro, los medios necesarios para participar en aquellas operaciones que las FAS españolas deban llevar a cabo, tanto dentro del ámbito de la Política Común de Seguridad y Defensa (PCSD), como de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) (3).

Hasta la fecha son inexistentes los trabajos de carácter empírico en nuestro país dirigidos al estudio del crecimiento de la productividad total de los factores en el sector de seguridad y defensa. En este sentido, el presente trabajo persigue superar este vacío en nuestra literatura especializada, con el objetivo fundamental de profundizar en el conocimiento tanto de la capacidad tecnológica y productiva de la industria española para el suministro de equipos y sistemas de defensa como de la eficiencia y productividad con la que estas industrias desarrollan su proceso productivo.

La mayor parte de los estudios empíricos llevados a cabo hasta el momento en el campo de la Economía de la Defensa han partido del mundo anglosajón. Una revisión de dicha literatura permite identificar tres de los grandes grupos de investigaciones. El primero está dedicado a analizar los efectos del gasto en defensa sobre el crecimiento económico; un segundo grupo tiene como objeto el estudio de los determinantes del gasto militar; y el tercero está orientado a la medición y evaluación de los efectos económicos de la industria de defensa en los sectores de alta tecnología.

De todas las líneas de estudio anteriores, la más prolífica es sin duda alguna la primera de ellas, es decir la relacionada con los efectos del gasto en defensa sobre el crecimiento económico. En este campo de investigación ha existido tradicionalmente una fuerte controversia derivada de los resultados obtenidos por distintos autores. En este sentido y en primer lugar, una parte de la producción editorial comprueba que este tipo de gasto ejerce un importante papel impulsor en áreas clave de la economía productiva, ya sea por el elevado contenido tecnológico-innovador de muchos de los productos que desarrolla y por los efectos *spin-off* generados sobre las in-

dustrias civiles relacionadas. Dentro de este primer grupo destacan trabajos como los clásicos de Benoit durante los años 1973-1978, que identificaron una relación positiva y significativa entre el peso de las inversiones en defensa y la tasa de crecimiento del producto interior bruto (PIB) para una muestra de 44 países en vías de desarrollo a lo largo del periodo 1950-1965. Sin embargo, para otros estudios los efectos de este gasto sugieren que tiende a retrasar el desarrollo económico en su conjunto al absorber y desviar importantes niveles de recursos humanos y financieros desde los sectores económicos civiles –considerados estos últimos como más productivos y eficientes– hacia el sector militar. En este segundo grupo se incluye, entre otras, la aportación de Deger y Sen (1983), que evalúan los posibles efectos *spin-off* de la base industrial y tecnológica de defensa sobre las industrias civiles para el caso de la India a lo largo del periodo 1951-1971. Sus resultados constatan la práctica inexistencia de tales efectos. En esta misma línea, los trabajos de Kelly y Rishi (2003), destinados a investigar el impacto del gasto militar en seis industrias civiles durante los años 80 y en 44 países, alcanzaban parecidas conclusiones.

Equidistante entre ambas posiciones se encuentra un tercer grupo de autores que defienden que este tipo de inversión ejerce una cierta influencia sobre el crecimiento económico, pero que resulta poco significativa en el total de la economía. Entre los defensores de esta posición intermedia destacan Sala-i-Martin *et al.* (2004). En su análisis consideran 64 variables diferentes como posibles determinantes de las diferencias observadas en las tasas de crecimiento de 88 países durante el periodo 1960-1996, entre las cuales se considera la importancia inicial de su respectivo gasto en defensa. Estos autores concluyen que los recursos asignados al sector defensa no muestran un valor explicativo significativo a la hora de interpretar las divergencias observadas internacionalmente en las tasas de crecimiento de los países analizados. Siguiendo esta misma línea de investigación, Dunne *et al.* (2005) demuestran el efecto poco relevante del gasto militar sobre la inversión y, por tanto, sobre el crecimiento económico. A resultados similares llega Gold (2005) para el caso de una potencia militar como es el caso de los Estados Unidos.

En suma, debido a los resultados contradictorios obtenidos en este primer grupo de estudios no se puede llegar a una conclusión definitiva respecto a cuáles son los efectos reales que sobre el conjunto de la economía inducen las inversiones en defensa en términos de crecimiento económico (4).

La segunda línea de estudios empíricos sobre la economía de la defensa está dedicada a identificar los determinantes del gasto militar. Desde los primeros trabajos seminales en este ámbito, se ha considerado la existencia de una función de demanda derivada de una función de utilidad social, a través de la cual se aprecia la importancia de los factores explicativos empleados. Así pues, según Fritz-Abmus y

Zimmerman (1990) los factores que llevan a definir la demanda de gasto en defensa son fundamentalmente de tres tipos: económicos, políticos y militares. Entre los trabajos que han analizado estos factores explicativos destacan, entre otros, el de Dudley y Montmarquett (1981), Murdoch y Sandler (1984), Sandler y Murdoch (2000) y Alonso y Martínez (2007).

Por último, el tercer grupo de investigaciones, realizado bajo un enfoque microeconómico, se ha centrado en evaluar la eficiencia de los mercados de la industria de defensa. Ahora bien, este tipo de estudios tropieza con el problema de una limitada oferta estadística que permita analizar en profundidad la estructura y la eficiencia productiva de estos mercados. Dentro de esta reducida oferta literaria cabe destacar el trabajo de Kollias y Rafailidis (2003) que analiza el proceso productivo de la industria de defensa para el caso de Grecia.

El presente trabajo se enmarca precisamente en esta última línea de análisis, al evaluar el proceso productivo de la industria de defensa para el caso español, mediante la medición de la evolución de la productividad y de sus componentes en los sectores tecnológicos que configuran la BITDyS para el caso de España.

Tras la introducción, en la que se revisa la literatura empírica disponible sobre el análisis económico de este sector, el trabajo se estructura en los siguientes apartados. En primer lugar, se presenta la metodología no paramétrica aplicada, basada en el DEA y el índice de Malmquist. A continuación, se recogen los principales resultados de esta evaluación, incidiendo fundamentalmente en el comportamiento de la productividad, diferenciando entre la evolución de la eficiencia y el cambio tecnológico. El trabajo se cierra con las principales conclusiones que arroja el estudio.

MEDICIÓN DE LA FRONTERA TECNOLÓGICA Y DE LA EFICIENCIA TÉCNICA: EL ÍNDICE DE MALMQUIST

Según Coelli *et al.* (1999) pueden diferenciarse dos aproximaciones teóricas a la hora de medir la productividad total de los factores, ambas basadas en los índices de Malmquist. La primera es atribuida por Diewert (1992) (5) a Hicks (1961) y Moorsteen (1961). Diewert (1992) sugiere un índice Malmquist de la productividad total de los factores definido como el cociente entre un índice Malmquist de *output* y un índice Malmquist de *input*, el cual se conoce como el índice Hicks-Moorsteen de la productividad total de los factores.

La segunda aproximación es la más extendida y es la considerada por Caves *et al.* (1982), quienes desarrollan la base del denominado índice Malmquist de la productividad total de los factores a partir de la noción de escala proporcional introducida por Malmquist (1953). Bajo este enfoque, una primera vía para medir el cambio en la productividad consiste

en comprobar cuánto más *output* se ha producido a partir de un determinado nivel de *inputs* y con el estado actual de la tecnología en relación con el que podría producirse bajo una determinada tecnología de referencia y con el mismo nivel de *inputs*. Alternativamente, el cambio en la productividad puede medirse examinando la reducción en el consumo de *inputs* que es posible dada la necesidad de producir un determinado *output* bajo una tecnología de referencia. Mediante este enfoque se ofrece una medida del cambio de la productividad en términos de *output* y en términos de *input*, respectivamente.

Para desarrollar la base conceptual del índice de productividad de Malmquist se recurre a la propuesta metodológica de Färe *et al.* (1994). Suponiendo la existencia de $I = (1, \dots, S)$ entidades productivas que emplean un conjunto de *inputs* $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{iN}) \in \mathbb{R}^{N+}$ para generar un conjunto de *outputs* $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{iM}) \in \mathbb{R}^{M+}$. Por lo tanto, en cada período considerado el conjunto de posibilidades de producción puede definirse como:

$$T(x, y) = \{ (x, y) : x \text{ puede producir } y \} \quad (1)$$

A partir de lo anterior se puede establecer una función de distancia en términos de *inputs* (2) y otra en términos de *outputs* (3), que reflejan la máxima contracción radial de *inputs* que puede alcanzarse para generar un determinado nivel de *output* y la máxima expansión radial de *outputs* que puede producirse a partir del consumo de un nivel determinado de *inputs*, respectivamente:

$$D_i^t(x_i^t, y_i^t) = \max \{ \lambda \geq 1 : (x_i^t / \lambda, y_i^t) \in T^t(x, y) \} \quad (2)$$

$$D_o^t(x_i^t, y_i^t) = \min \{ \phi \leq 1 : (x_i^t, y_i^t / \phi) \in T^t(x, y) \} \quad (3)$$

Seguendo a Caves *et al.* (1982), si relacionamos el vector de *inputs-outputs* del período t , (x^t, y^t) con la tecnología de producción correspondiente al siguiente período T^{t+1} se puede definir la función:

$$D_o^{t+1}(x_i^t, y_i^t) = \min \{ \phi \leq 1 : (x_i^t, y_i^t / \phi) \in T^{t+1}(x, y) \} \quad (4)$$

Igualmente, puede relacionarse el vector de *inputs-outputs* del período $t+1$, (x^{t+1}, y^{t+1}) con la tecnología de producción correspondiente al período anterior T^t , de modo que en caso de progreso técnico se cumple que:

$$D_o^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}) > 1 \quad (5)$$

para una observación situada en la frontera en el período $t+1$.

A partir de lo anterior Färe *et al.* (1994) definen el índice de Malmquist mediante la siguiente expresión:

$$M_o^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, x_i^t, y_i^t) = \frac{D_o^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{D_o^t(x_i^t, y_i^t)} \left[\frac{D_o^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{D_o^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \cdot \frac{D_o^t(x_i^t, y_i^t)}{D_o^t(x_i^t, y_i^t)} \right]^{-1/2} \quad (6)$$

Esta expresión permite diferenciar dos componentes en el cambio de la productividad: el primero repre-

senta el cambio en la eficiencia o *catching-up* (aproximación de cada una de las entidades evaluadas a la frontera eficiente) y el segundo refleja el progreso técnico experimentado. Los valores superiores a la unidad de este índice representan ganancias en la productividad, lo cual es aplicable también al valor de cualquiera de sus componentes.

Para el cálculo del índice de productividad de Malmquist en este trabajo empírico se aplica la técnica frontera no paramétrica *DEA* (Análisis Envolvente de Datos) (6). De todos los modelos frontera empleados en la medida de la eficiencia productiva, el *DEA* es el que requiere menos especificaciones sobre la tecnología subyacente (7). El modelo *DEA* fue formulado por Charnes *et al.* (1978) a partir de las ideas recogidas en el trabajo seminal de Farrell (1957). En efecto, la base conceptual del *DEA* se establece en este último trabajo, heredando de éste su naturaleza no paramétrica y determinística. Con la aplicación de esta técnica se compara la actividad de la entidad objeto de análisis con aquellas que siendo similares (8) son, además, eficientes. En consecuencia, la medida de la eficiencia resultante es una medida relativa. Además, al consistir el *DEA* en una generalización de la medida de la eficiencia de Farrell, como éste ofrece una medida radial.

Dicha medida de la eficiencia puede estar orientada a los *inputs* o a los *outputs*. En este sentido, una entidad será calificada de ineficiente en términos de *inputs* cuando se detecte que existe otra en la muestra capaz de producir el mismo volumen de *output*, combinando los *inputs* en idéntica proporción pero en cantidades inferiores. Por el contrario, una entidad será calificada como ineficiente en términos de *outputs*, cuando se observe que existe otra que produce mayores cantidades de todos los *outputs*, obtenidos a partir de la misma cantidad de *inputs* y combinándolos en la misma proporción.

El modelo fraccional de Charnes *et al.* (1978) es el que sienta las bases de la formulación del *DEA*. Para construirlo se considera un conjunto de *n* DMUs o unidades productivas homogéneas que emplean *m* *inputs* y obtienen *s* *outputs*. Cada DMUj (*j* = 1, 2, ..., *n*) se caracteriza por consumir un vector de *inputs* $x_{ij} = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ y producir un vector de *outputs* $y_{rj} = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$. Además, se identifica un conjunto apropiado de ponderaciones sobre los *inputs* y los *outputs*, v_i (*i* = 1, 2, ..., *m*) y u_r (*r* = 1, 2, ..., *s*), respectivamente.

Esta modelización considera que la medida de la eficiencia técnica de una unidad productiva se identifica con el máximo valor de la ratio de la suma ponderada de los *outputs* en relación con la suma ponderada de los *inputs*, sujeto a las restricciones que reflejan el resultado del resto de entidades muestrales. Retomando de nuevo una muestra de *n* DMUs homogéneas, identificadas cada una de ellas con un vector x_j de *inputs* y un vector y_j de *outputs*, y considerando que la entidad de la que se evalúa la ef-

ciencia es la DMU_0 , la formulación del programa fraccional es la siguiente:

$$\text{Máx } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} / \sum_{z=1}^m v_z x_{z0} \tag{7}$$

s.a.:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} / \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \leq 1 \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r \geq 0; \quad r=1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, m$$

Debido a los inconvenientes que plantea la resolución del programa fraccional, por su condición de ser un problema no lineal y no convexo, su uso es poco frecuente en la práctica. Sus propios autores, conscientes de estas dificultades, convirtieron el programa fraccional en un programa lineal, cuya formulación responde a la siguiente expresión:

$$\text{Máx } f_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \tag{8}$$

s.a.:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r \geq 0; \quad r=1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, m$$

En suma, el cálculo del índice de Malmquist utiliza la noción de función distancia, por lo que su cálculo requiere la previa estimación de la frontera correspondiente mediante la aplicación del *DEA*.

Los desplazamientos de la frontera o cambio técnico deben interpretarse como avance tecnológico; es decir, cambios en la frontera de producción debidos a la mejora de la tecnología disponible. Del mismo modo, los acercamientos de las unidades productivas a la frontera eficiente o *catching-up* representan la parte de la variación de la productividad global no atribuible directamente al cambio tecnológico, y que podrán deberse al efecto del aprendizaje, difusión del conocimiento en la aplicación de la tecnología y mejora de la organización, entre otros factores.

RESULTADOS EMPÍRICOS: EFICIENCIA TÉCNICA Y PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES DE LA BITDYS †

Para llevar a cabo el cálculo del Índice de Malmquist y de sus componentes, en este trabajo se ha utilizado un panel de datos balanceado referido a los principales subsectores que integran la BITDyS en España

CUADRO 1
EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE MALMQUIST

	Plataformas aeroespaciales	Armamento y munición	Electrónica y comunicaciones	Plataformas navales	Plataformas Terrestres	Media
1996-97	0.887	0.812	0.926	1.161	1.681	1.054
1997-98	1.116	1.095	0.981	1.215	0.924	1.061
1998-99	1.203	1.046	1.020	1.209	1.713	1.216
1999-00	0.982	0.993	1.228	0.935	1.029	1.029
2000-01	1.120	0.971	1.166	0.829	1.446	1.087
2001-02	1.054	0.917	1.033	1.088	2.675	1.238
2002-03	1.196	1.030	1.214	1.923	0.879	1.204
2003-04	0.881	0.831	1.007	0.905	1.126	0.944
2004-05	1.111	1.142	1.069	0.888	0.924	1.022

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 2
DESCOMPOSICIÓN DEL ÍNDICE DE MALMQUIST (1996-2005)

Subsector	Eficiencia técnica	Cambio tecnológico	Eficiencia pura	Eficiencia de escala	I. de Malmquist (productividad total)
Plataformas aeroespaciales	1.000	1.055	1.000	1.000	1.055
Armamento y munición	0.930	1.049	0.924	1.006	0.976
Electrónica y comunicaciones	1.000	1.067	1.000	1.000	1.067
Plataformas navales	1.005	1.087	1.005	1.000	1.093
Plataformas terrestres	1.050	1.226	1.000	1.050	1.287
Media	0.996	1.095	0.985	1.011	1.091

FUENTE: Elaboración propia.

durante el período 1996-2005 (9). La fuente de datos utilizada es el informe que anualmente publica la Asociación Española de Fabricantes de Armamento y Material de Defensa y Seguridad (AFARMADE).

Las variables seleccionadas para representar el *output* son la demanda interna y las exportaciones de los subsectores correspondientes, y cuya suma expresa la facturación total de cada subsector. Los *inputs* considerados son el empleo –como variable representativa del factor trabajo– y la inversión real destinada a modernización y apoyo logístico realizada por el Ministerio de Defensa– como variable proxy del factor capital, ya que al no existir información estadística disponible del *stock* de capital diferenciado por subsectores, se considera la inversión real ejecutada por este organismo en cada uno de los mismos. Las variables monetarias se expresan en millones de euros de 2007.

Una de las principales ventajas metodológicas de la *DEA* es que puede operar en contextos con múltiples inputs y outputs expresados en diferentes unidades (10), como es nuestro caso. Mediante esta técnica se estima el Índice de Malmquist –y sus componentes– orientado al *output* (11).

En el cuadro 1 se recoge el índice de Malmquist para cada año del periodo considerado (12). La tendencia temporal en cada uno de los subsectores es errática a lo largo del período 1996-2005. A índices representando variaciones positivas de la productividad total de los factores en un año determinado se

sucedan índices reflejando descensos de la misma en años posteriores. Por término medio, el ejercicio más positivo corresponde a 2001-02, con un crecimiento del 23,8%, seguido por 1998-99 con una variación del 21,6%, motivado en ambos casos fundamentalmente por los buenos resultados obtenidos en términos de productividad por el subsector plataformas terrestres. Por el contrario, 2003-04 es el único ejercicio en el que, por término medio, disminuye ligeramente la productividad total de los factores.

Para evaluar la evolución del índice de Malmquist, en el cuadro 2 se ofrece su media anual para todo el período 1996-2005 por subsectores al igual que su composición. En media, para el conjunto de los subsectores de la BITDyS española, se aprecia un importante aumento en la productividad total de los factores de un 9,1% anual (13), siendo el subsector de armamento y munición el único en el que retrocede levemente.

No se han producido cambios significativos en los niveles de eficiencia de escala, registrando un ligero ascenso del 1,1%. La eficiencia técnica pura ha disminuido en media un 1,5% anual. Sin embargo, el índice de progreso tecnológico asciende anualmente por término medio un 9,5% anual, siendo éste superior a la unidad para todos los subsectores productivos de la muestra considerada.

Por tanto, parece quedar claramente contrastado el hecho de que, en la década objeto de estudio, se han producido indudables mejoras y avances en el cam-

po tecnológico, tanto de la base industrial y tecnológica de defensa y seguridad en su conjunto, así como para cada uno de los subsectores considerados por separado. Especial mención merece el importante papel dinamizador del subsector aeroespacial, siendo uno de los motores de la industria de defensa en España. Se trata de un subsector estratégico firmemente consolidado que fomenta e impulsa la participación en proyectos de I+D+i, y que está configurado en base a un tejido industrial formado por un gran líder empresarial de carácter multinacional y un conjunto de pequeñas y medianas empresas que presentan un elevado dinamismo tecnológico innovador y altos niveles de competitividad. Su tradicional buen posicionamiento en los proyectos de I+D+i, con permanentes elevadas tasas de participación, explica que no sea el que mayor variación tecnológica ha registrado, con una variación del 5,5%, ya que partía en este periodo de unos niveles superiores a los de cualquier otro subsector.

De todos los subsectores de la muestra, el de plataformas terrestres es el que ha presentado un cambio tecnológico positivo más elevado a lo largo del periodo considerado, cifrado en un 22.6%. Conviene matizar que a pesar de ser tradicionalmente un subsector con un reducido componente tecnológico, las innovaciones incorporadas durante este periodo se han traducido en un crecimiento mucho mayor que el producido en otros subsectores con un fuerte componente tecnológico, como sucede en el caso del anteriormente mencionado de las plataformas aeroespaciales.

En general, la evolución positiva de este subsector de plataformas terrestres se explica por el aumento de la demanda interna. Tanto es así, que el peso del mismo en la facturación total del último año considerado en el estudio era de un 12% del total. La parte principal de la carga de trabajo en este subsector proviene del mercado interno, mientras que la componente exportadora apenas tiene peso sobre la estructura del mismo.

El subsector naval es el que registra en el conjunto el segundo mayor cambio tecnológico, al alcanzar un crecimiento del 8,7%. Debe recordarse que es el área que mantiene una demanda interna más elevada, debido básicamente al gran número de programas de compra puestos en marcha por la armada española en los últimos años del periodo evaluado. Además, de tratarse de un subsector de gran importancia dado su peso específico dentro del conjunto de subsectores manufactureros de defensa y seguridad, ya que su facturación representaba en 2005 un 26% del total.

Especial mención merece el subsector de electrónica, comunicaciones, óptica e informática, ya que a lo largo de esta década prácticamente ha triplicado su facturación. Además, este subsector ha alcanzado puestos de liderazgo en Europa en todo lo relacionado con las tecnologías de simulación y bancos de pruebas, habiendo desarrollado un elevado potencial de capacidades tecnológicas en los mercados de sistemas de control aéreo y guerra electrónica, lo cual explica la

tasa media anual positiva de desarrollo tecnológico cifrada en un 6,7%. Este comportamiento se justifica, en buena medida, por la participación en los programas de cooperación multinacional y su elevado componente dual.

En suma, los cambios obtenidos en la productividad a lo largo del periodo 1996-2005 reflejan básicamente desplazamientos de la función de producción como consecuencia del desarrollo tecnológico, mientras que las variaciones en la eficiencia técnica de las empresas de esta industria contribuyen de forma ligeramente negativa a los cambios de productividad de la BITDyS española en su conjunto (14).

Por subsectores, cabe destacar respecto a la eficiencia técnica que el buen comportamiento en el subsector de plataformas terrestres puede responder a su elevada capacidad para abastecer una parte importante de las necesidades de un mercado interno en expansión, impulsado por la creciente necesidad de este tipo de equipos en las misiones de paz y humanitarias.

Por lo que se refiere a los subsectores aeroespacial; electrónica, comunicaciones, óptica e informática; y plataformas navales, la incidencia de este factor eficiencia en la explicación de la mejora de la productividad es prácticamente nula. Ello se debe básicamente a la falta de datos en relación a otras posibles variables que pudieran ofrecer una explicación más detallada en las variaciones de los niveles de eficiencia técnica y de escala que se pudieran apreciar a partir de los cambios de éstas.

En el caso del armamento y munición, la aportación negativa de la eficiencia a la productividad puede explicarse por el hecho de que se trata de un subsector que presenta una amplia dependencia de carácter cíclico del mercado interno, a lo que hay que sumar una reducción progresiva de las exportaciones. En cierto modo, funciona como un mercado subsidiado, lo cual explica en parte su peor efecto eficiencia.

CONCLUSIONES ¶

Este estudio tiene como objetivo descomponer el crecimiento de la productividad de una muestra de los cinco subsectores manufactureros más representativos que conforman el tejido productivo y tecnológico en el ámbito de la defensa y la seguridad nacional en España a lo largo de la década comprendida entre 1996 y 2005. Para ello se ha recurrido a una metodología frontera no paramétrica y al cálculo del índice de productividad de Malmquist. Bajo este enfoque se diferencia para cada subsector productivo la parte de crecimiento de la productividad total derivada del cambio técnico, es decir, del desarrollo tecnológico, y la parte explicada por cambios de la eficiencia productiva, sin necesidad de especificar *a priori* ninguna forma funcional explícita para la función de producción ni de definir hipótesis sobre la distribución para el término de ineficiencia.

En media, para el conjunto de subsectores tecnológico-manufactureros de seguridad y defensa se ha observado un importante crecimiento en la productividad de un 9,1% anual. No se han producido cambios significativos en los niveles de eficiencia de escala que, básicamente, se han mantenido constantes para la práctica totalidad de los subsectores, salvo en el caso de las plataformas terrestres, como consecuencia del aumento de la demanda interna y el control de este mercado por parte de las empresas que forman este subsector.

La eficiencia técnica pura ha disminuido en media un 1,5% anual, y el índice de cambio tecnológico alcanza el 9,5% anual. Por tanto, las variaciones en la productividad obtenidas muestran básicamente desplazamientos en la función de producción como consecuencia del desarrollo tecnológico, en tanto que los cambios derivados de la eficiencia técnica indican que ésta contribuye de un modo ligeramente negativo en los cambios de la productividad.

Este tipo de evaluación, aún reconociendo las posibles limitaciones metodológicas del mismo, resulta de gran utilidad desde la perspectiva del análisis económico positivo, por un lado, al establecer una clasificación de las unidades productivas consideradas en función de su eficiencia, y por el otro, también desde la perspectiva del análisis normativo, al ayudar a orientar la definición de las políticas industriales y tecnológicas de seguridad y defensa en el proceso de toma de decisiones del Ministerio de Defensa y de aquellos otros agentes que colaboren con él, como es el caso del Ministerio de Industria, en la tarea de coordinar las políticas de defensa con las industriales y tecnológicas.

Los resultados obtenidos proporcionan indicios para mejorar y optimizar los esfuerzos inversores de la política industrial y tecnológica en el ámbito de la seguridad y la defensa. En este sentido, si la principal fuente de crecimiento de la productividad en esta industria es el buen comportamiento del cambio tecnológico -tal y como se ha contrastado en este trabajo-, parece lógico mantener e incluso potenciar las medidas dinamizadoras de este factor. En cambio, por lo que se refiere a la relativa reducida eficiencia con la que se utilizan los factores de producción, convendrá centrarse no tan sólo en el aumento del gasto en I+D+i, sino que parece prioritario desarrollar medidas dirigidas expresamente a la mejora de la racionalidad en el uso de los factores productivos, principalmente impulsando sustanciales mejoras en el capital humano, potenciando la formación de carácter científico-técnico aplicada, y las capacidades directivas gerenciales y organizativas específicamente centradas en el desarrollo empresarial técnico e innovador dentro de este sector.

En definitiva, si realmente se desea aumentar la competitividad de la BITDyS española es necesario potenciar e impulsar las ganancias de productividad. Además, y en línea con las políticas y esfuerzos por parte de los países de la UE, la creación de un mer-

cado único de equipos y material de defensa, así como el impulso de la cooperación público-privada dentro del conjunto de este sector, pueden ser factores fundamentales para ayudar a estructurar un tejido productivo, tecnológico e innovador más eficiente en el conjunto de todos los países de la UE.

NOTAS ▼

- [1] Según la Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica y Espacio (TEDAE), en el año 2008 el sector de defensa representó el 0,8% del PIB.
- [2] El 21 de octubre de 1996 se puso en marcha un acuerdo de colaboración interministerial entre el Ministerio de Defensa y el Ministerio de Industria y Energía para que las adquisiciones de sistemas y equipos de armamento sirvieran de núcleo para la generación y desarrollo de un tejido industrial de alta tecnología.
- [3] La elección del periodo seleccionado para realizar esta investigación ha sido el correspondiente a los años 1996-2005, ya que en el año 1996 se inicia el proceso de profesionalización y modernización de las FAS españolas y entre los años 1997 al 2004 se generan más del 80% de las obligaciones financieras correspondientes al esfuerzo en la modernización de los sistemas de defensa. Este esfuerzo ha permitido a las FAS obtener importantes capacidades necesarias para cumplir sus misiones con el nivel tecnológico necesario y colocarse al mismo nivel que sus aliados.
- [4] La revisión exhaustiva de este tipo de literatura realizada por Ram (1995) y Hartley (2006) confirman la heterogeneidad de los resultados alcanzados. Para seguir avanzando en esta parcela de investigación, basada en la relación crecimiento-gasto en defensa, según Hartley (2006) las nuevas demandas apuntan a la necesidad de, por un lado, extender estos trabajos a países desarrollados, como es el caso de Francia, Alemania, Italia, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos; y, por otro, incidir más en los efectos de los componentes de dicho gasto, como es el caso del gasto en I+D en defensa. Pruebas de estos avances es el trabajo de Kollias *et al.* (2007), que evalúan la causalidad de tal relación en los países de la UE-15 tanto en el corto como en el largo plazo. Más recientemente, Chu y Lai (2009) analizan los efectos *spin-off* de la I+D militar sobre la I+D civil.
- [5] Bjurek (1996) también profundiza en esta primera vía de análisis.
- [6] La utilización del DEA para el cálculo del índice de Malmquist exige la resolución de cuatro problemas de programación lineal para cada una de las entidades productivas evaluadas, correspondientes a las cuatro funciones de distancia antes citadas que definen el índice de Malmquist. Sus siglas responden a su denominación en inglés *Data Envelopment Analysis*.
- [7] Para un análisis más extenso de ésta y otras técnicas de medición de la eficiencia consultar el trabajo de Rueda (2005).
- [8] Debe recordarse que en este planteamiento se consideran «unidades similares» a aquellas que combinan los factores productivos de forma semejante o que obtienen una combinación parecida de outputs; es decir, tal y como señala Sexton (1986) son aquellas que trabajan con una misma tecnología de producción.
- [9] En concreto, los subsectores analizados son: plataformas aeroespaciales; armamento y munición; electrónica, comunicaciones, óptica e informática; plataformas navales; y plataformas terrestres. Además, se han excluido del estudio los dos subsectores restantes de material de seguridad y servicios de ingeniería y otros, por la falta de datos para algunas de las variables consideradas durante el periodo analizado.
- [10] Este rasgo, entre otros, explica la gran aceptación de esta técnica en la literatura especializada. En nuestro análisis, debido a la limitada oferta estadística se han incluido variables expresadas tanto en términos físicos como monetarios.

En consecuencia, se considera un concepto híbrido entre eficiencia técnica y asignativa. Para una revisión de las aplicaciones más recientes del DEA y sus variantes consúltese el trabajo de Fried *et al.* (2008).

- [11] Dicha orientación resulta adecuada para nuestra muestra, ya que el principal objetivo de los subsectores que componen este tipo de industria consiste en maximizar el volumen de su facturación, destinada tanto al mercado interno como al exterior, a partir de unos recursos determinados, especialmente en un mercado globalizado cada vez más competitivo.
- [12] El software utilizado en este análisis es el DEAP 2.1 de Coelli (1996).
- [13] Después de la profunda crisis experimentada tras el final de la guerra fría y la superación con una visión realista del «dividendo de paz», se han reducido en buena medida las incertidumbres sobre los presupuestos de seguridad y defensa de los países occidentales, lo cual ha proporcionado estabilidad al sector tecnológico e industrial de defensa. Además, la potenciación de grandes proyectos de colaboración multinacional en el caso de España ha fomentado de manera decidida el desarrollo industrial y tecnológico, lo que, junto a una creciente diversificación de los productos, ha favorecido la capacidad competitiva y exportadora de la práctica totalidad de los subsectores productivos relacionados con la Defensa Nacional.
- [14] Un análisis más pormenorizado de la eficiencia y la productividad de cada subsector, para el mercado interno y el de exportación, exigiría disponer de información estadística sobre otras variables como son: el nivel de inversiones en capital físico, humano y tecnológico realizadas por el sector manufacturero de seguridad y defensa; el grado de internacionalización de las empresas que componen cada subsector; la composición de su estructura accionarial; la capacidad real de desarrollar y fabricar productos propios y en cooperación con empresas de otros países; el nivel de producción de carácter dual dentro del conjunto del subsector; y el tamaño de las importaciones, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

AFARMADE (2005 y 2006): *Informe del Sector Industrial de Defensa y Seguridad*, Madrid.

ALONSO, M.A. y MARTÍNEZ, A. (2007): «Los determinantes del gasto militar en los países europeos de la Alianza Atlántica: Un estudio a través de un modelo de datos de panel para el período 1975-2005». *IX Reunión de Economía Mundial*, Madrid.

BENOIT, E. (1973): *Defense and Economic Growth in Developing Countries*. Lexington Books, Boston.

BENOIT, E. (1978): «Growth and defense in developing countries». *Economic Development and Cultural Change*, vol. 2, pp. 271-280.

BJUREK, H. (1996): «The Malmquist total factor productivity index». *Scandinavian Journal of Economics*, nº 98, pp. 303-313.

CAVES, D.W.; CHRISTENSEN, L.R. y DIEWERT, W.E. (1982): «The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity». *Econometrica*, nº 50, 1393-1414.

CHARNES, A.; COOPER, W.W. y Rhodes, E. (1978): «Measuring the efficiency of decision making units». *European Journal of Operational Research*, vol. 2, nº 6, pp. 429-444

CHU, A.C. y LAI, C. (2009): «On the Growth and Welfare Effects of Defense R&D». *MPRA Paper 16325*, University Library of Munich, Germany.

COELLI, T. (1996): A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program. Working paper 96/08, Armidale, Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA), University of New England.

COELLI, T.; RAO, D.S.P. y BATTESE, G.E. (1999): *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Boston, MA: Kluwer Academic.

DEGER, S. y SEN, S. (1983): «Military Expenditure, Spin-off and Economic Development». *Journal of Development Economics*, vol. 13, pp. 67-83.

DIEWERT, W.E. (1992): «Fisher ideal output, input and productivity indexes revisited». *Journal of Productivity Analysis*, nº 3, pp. 211-248.

DUDLEY, L. y MONTMARQUETTE, C. (1981): «The demand for military expenditures: An international comparison». *Public Choice*, vol. 37, nº 1, pp. 5-31.

DUNNE, J.P.; SMITH, R. y WILLENBOCKEL, D. (2005): «Models of military expenditure and growth: A critical review». *Defence and Peace Economics*, vol. 16, nº 6, pp. 449-462.

FÁRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M. y Zhang, Z. (1994): «Productivity growth, technical progress and efficiency changes in industrialised countries». *American Economic Review*, nº 84, pp. 66-83.

FARRELL, M.J. (1957): «The measurement of productive efficiency». *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, vol. 120, n. 3, 253-281.

FRIED, H.; LOVELL, C. y SCHMIDT, S. (eds.) (2008): *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Change*, New York, Oxford University Press.

FRITZ-ABMUS, D. y ZIMMERMANN, K. (1990): «West German demand for defence spending», in Hartley, K. and Sandler, T. (eds.) *The economics of defence spending: an international survey*, London and New York, Routledge, pp. 118-147.

GOLD, D. (2005): *Does Military Spending Stimulate or Retard Economic Performance? Revisiting an Old Debate*, International Affairs Working Papers, New School University, nº 2005-01.

HARTLEY, K. (2006): *Defence Spending and its Impact on the National Economy: A review of the literature and research issues*, Mimeo, Centre for Defence Economics, University of York.

HARTLEY, K. y SANDLER, T. (eds.) (1995): *Handbook of Defence Economics*, North-Holland, Amsterdam.

HICKS, J.R. (1961): «Measurement of capital in relation to the measurement of other economic aggregates» in Lutz, F. A. and Hague, D.C. (eds.) *The theory of capital*, London: Macmillan.

KELLY, T. y Rishi, M. (2003): «An empirical study of the spin-off effects of military spending». *Defence and Peace Economics*, vol.14, nº1, pp. 1-17.

KOLLIAS, CH.; MYLONIDIS, N. y PALEOLOGOU, S.M. (2007): «A panel data analysis of the nexus between defence spending and growth in the European Union». *Defence and Peace Economics*, vol. 18, nº1, pp. 75-85.

KOLLIAS, CH. y RAFAILIDIS, A. (2003): «A Survey of the Greek Defence Industry». *Defence and Peace Economics*, vol. 14, nº 4, pp. 311-324.

MALMQUIST, S. (1953): «Index numbers and indifference surfaces». *Trabajos de Estadística*, nº 4, pp. 209-242.

Moorsteen, R.H. (1961): «On measuring productive potential and relative efficiency». *Quarterly Journal of Economics*, nº 75, pp. 451-467.

MURDOCH, J.C. y Sandler, T. (1984): «Complementarity, free riding, and the military expenditures of NATO allies». *Journal of Public Economics*, vol. 25, nº1-2, pp. 83-101.

RAM, R. (1995): «Defense expenditure and economic growth», in Hartley, K. and Sandler, T. (eds.) *Handbook of Defence Economics*, North-Holland, Amsterdam.

RUEDA, N. (2005): *Análisis económico de la Eficiencia Pública*, Instituto de Estudios Económicos, Madrid.

SALA-I-MARTIN, X.; DOPPELHOFER, G. Y MILLER, R.I. (2004): «Determinants of long term growth: a Bayesian Averaging of Classical Estimates (BCE) Approach». *American Economic Review*, vol. 94, nº 4, pp. 813-835.

SANDLER, T. y MURDOCH, J. (2000): «On Sharing NATO Defence Burdens in the 1990s and Beyond». *Fiscal Studies*, vol. 21, nº 3, pp. 297-327.

SEXTON, T.R. (1986): «The Methodology of Data Envelopment Analysis», in Silkman, R.H. (ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey Bass Inc., San Francisco, pp. 7-29.

SOLOW, R. (1957): «Theory of Technology's Role in Economic Growth». *Review of Economic and Statistics*, vol. 39, pp. 312-320.

TEDAE (2011): *Informe anual de Defensa y Seguridad*, Madrid.