2013

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL MARCO INPUT OUTPUT

Una aplicación al caso español

Autor: Sofía Jiménez Calvo
Máster Investigación en Economía
Director: Julio Sánchez Choliz

Quiero agradecer la colaboración de EON. Renovables, sin cuya participación económica este trabajo, así como la continuidad de la investigación, no hubiese sido posible.

Índice

1. Introducción

Uno de los temas más estudiados a lo largo del tiempo ha sido el crecimiento económico y los factores que lo generan, ¿qué aspectos influyen sobre el crecimiento?, ¿existen topes en los niveles de crecimiento?, ¿qué papel juega la competitividad?, ¿qué es el cambio técnico? Muchos han sido los modelos que se han realizado a lo largo de la historia, intentando dar respuesta a estas preguntas, desde modelos como el de Quesnay en el siglo XVIII, la visión ricardiana de crecimiento, o los modelos de Harrod y Solow con cambio técnico exógeno, hasta los modelos de crecimiento endógeno de Lucas que introducen el capital humano como factor productivo. En modelos más recientes se refuerza el papel del cambio tecnológico como base del crecimiento de los países. Así, cada vez más en el mundo académico y empresarial se considera que uno de los elementos más importantes para que una economía crezca es la innovación, haciendo especial hincapié en las relaciones que se establecen entre capital humano y tecnología. Por todo ello, resulta interesante hacer un estudio sobre la importancia del cambio técnico en un país característico como es España, analizando qué efectos hay detrás de la innovación experimentada por el país.

En este trabajo nos vamos a centrar en analizar el cambio tecnológico dentro del marco input-output, una herramienta especialmente interesante por la representación que hace de las relaciones entre sectores. La estructura va a ser la que sigue; primero se presenta una descripción teórica de las tablas input-output, dado que este será el contexto dentro del cual vamos a realizar el análisis empírico. Posteriormente, hablaremos brevemente sobre los ciclos económicos, ya que el componente tecnológico parece seguir una especie de ciclo, tal y como veremos más adelante. Igualmente nos acercaremos a la visión schumpeteriana y evolutiva del crecimiento, ya que son un referente en nuestro razonamiento. Finalmente, explicaremos el estudio realizado sobre la tecnología en España para el periodo 1980-2007, presentando los principales resultados obtenidos. Acabaremos el trabajo extrayendo algunas conclusiones.

2. Marco input-output

A lo largo de estas líneas vamos a presentar las tablas input-output como una forma, relativamente, sencilla de representar la tecnología de producción y de abordar aspectos relevantes de la innovación tecnológica. Para eso primero se explica en qué consiste este instrumento, el cual es realmente útil para reflejar las interrelaciones que se producen en la economía. Después, iremos viendo progresivamente las distintas formas en que las tablas input-output pueden recoger la innovación o el cambio tecnológico. Este apartado recoge muchas de la ideas del excelente, aunque algo antiguo, texto de Vegara (1979).

2.1. Descripción general de una tabla input-output

¿Qué es una tabla input-output? Se puede definir como una tabla que recoge los flujos de bienes y servicios entre los sectores de la economía a nivel desagregado y por ramas de actividad. Veamos su representación genérica:

Tabla 1: Representación genérica de una tabla input-output.

Sectores o ramas de actividad	1	2	j	n	Demanda intermedia	Demanda final	Empleos
1	x_{11}	x_{12}		x_{1n}	$\sum x_{1j}$	D_1	x_1
2	x_{21}	x_{22}		x_{2n}	$\sum x_{2j}$	D_2	x_2
i			...				...
n	x_{n1}	x_{n2}		x_{nn}	$\sum x_{nj}$	D_n	x_n
Recursos intermedios	Σx_{i1}	Σx_{i2}		Σx_{in}	$\Sigma\Sigma x_{ij}$	ΣD_i	Σx_i
VA	V_1	V_2		V_n	ΣV_j		
Impuestos	T_1	T_2		T_n	ΣT_j		
Importaciones	M_1	M_2	...	M_n	ΣM_j		
Recursos totales	x_1	x_2	...	x_n	Σx_j		

Fuente: elaboración propia.

Cada x_j es el output total del sector j, las x_{ij} se definen como la cantidad de i necesaria como input para producir x_j y D_i es la demanda final de i. Así, x_{12} representaría la cantidad del bien 1 que se utiliza como input en la producción del bien 2. La sexta columna refleja el total de las ventas a las industrias que se realizan en cada sector, o, dicho de otro modo, qué cantidad del bien se utiliza como input en el resto de sectores. La suma de esta columna con la de demanda final, que incluye tanto la demanda interna como las exportaciones, da como resultado los empleos totales, cuyos valores se recogen en la última columna. Nótese que estos empleos pueden incluir productos no elaborados en la economía, ya que habrá en ellos inputs intermedios importados y productos elaborados en otros países y que son incorporados en la demanda final. La última fila, que representa los recursos totales, debe coincidir con la última columna. Esta fila es el resultado de la suma de los recursos intermedios, el valor añadido, los impuestos y las importaciones. Los recursos intermedios representan que cantidad de inputs utiliza cada sector, tanto los propios como los de otros sectores. La fila de valor añadido incluye tanto los pagos a los trabajadores como el excedente de explotación, desagregándose esta fila usualmente en pagos salariales y excedente de explotación. En ocasiones también se desagrega por tipos de trabajo o por el carácter de la renta correspondiente. Finalmente, las importaciones indican los inputs que cada sector compra al exterior[1]. Todo esto lo podemos ver mejor con un ejemplo.

Utilizando datos para la economía española del año 2005, vamos a mostrar una tabla input-output de España de ese año, con cuatro sectores, agricultura, industria, construcción y servicios. Los datos son millones de euros.

Tabla 2: tabla input-output reducida de la economía española, 2005

Sectores	Agricultura	Industria	Construc	Servicios	D.inter	D.Final	Total empleos
Agricultura	2.397	54.815	1.488	3.534	62.234	19.119	81.353
Industria	12.471	231.839	55.498	99.279	399.088	319.591	718.678
Construc	276	2.318	97.947	22.875	123.417	150.265	273.682
Servicios	5.358	93.757	26.081	227.782	352.978	616.750	969.728
R. Intermedios	20.503	382.729	181.015	353.470	955.261	1.088.180	2.043.441
Impuestos	-1302	-105	830	4.538	3961	91.055	95.016
Valor añadido	26.465	135.213	91.028	553.985	813.776		
Importaciones	34.904	201.174	16	38.310	274.404		
Recursos totales	81.353	718.678	273.682	969.728	2.043.441		

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

[1] Según la metodología usada, en esta fila se incluyen o no los inputs importados. Si no se incluyen, son productos acabados que se destinan a demanda final.

En este caso observamos que la agricultura emplea 12.471 millones de euros de inputs procedentes de la industria, siendo el total de sus inputs usados 20.503 millones de euros. Por otra parte, el total de empleos de productos agrícolas es 81.353 millones de euros, de los cuales 62.234 millones de euros se utilizan como input y 19.119 millones de euros van dirigidos a la demanda final, tanto interna como externa. Además, los recursos totales usados en la agricultura coinciden con los empleos totales, los cuales se reparten de la siguiente manera: 20.503 millones de euros corresponden a recursos intermedios, -519 millones de euros a impuestos, 26.465 millones de euros al valor añadido y 34.904 millones de euros corresponden a importaciones.

2.2. Ecuaciones básicas

Tras todo lo dicho estamos en condiciones de traducir estos conceptos en forma de ecuaciones, de forma que, por el lado de los empleos, podemos escribir: [2]

$$\left.\begin{array}{c} x_1 - (x_{11} + x_{12} + \ldots + x_{1n}) = d_1 \\ x_2 - (x_{21} + x_{22} + \ldots + x_{2n}) = d_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_n - (x_{n1} + x_{n2} + \ldots + x_{nn}) = d_n \end{array}\right\}$$

Lo cual es lo mismo que:

$$\left.\begin{array}{c} x_1 - [(x_{11}/x_1)\, x_1 + (x_{12}/x_2)\, x_2 + \ldots + (x_{1n}/x_n)\, x_n] = d_1 \\ x_2 - [(x_{21}/x_1)\, x_1 + (x_{22}/x_2)\, x_2 + \ldots + (x_{2n}/x_n)\, x_n] = d_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_n - [(x_{n1}/x_1)\, x_1 + (x_{n2}/x_2)\, x_2 + \ldots + (x_{nn}/x_n)\, x_n] = d_n \end{array}\right\}$$

Como (x_{ij}/x_j) es el coeficiente técnico (que se supone generalmente constante), a_{ij}, la expresión anterior quedaría de la siguiente manera:

---

[2] En las D_i incluyo toda la demanda final. No obstante, el contenido de la demanda final puede variar de unos modelos a otros, de acuerdo con el marco metodológico usado.

$$\left.\begin{array}{c} x_1 - [a_{11}\, x_1 + a_{12}\, x_2 + ... + a_{1n}\, x_n] = d_1 \\ x_2 - [a_{21}\, x_1 + a_{22}\, x_2 + ... + a_{2n}\, x_n] = d_2 \\ .... \\ x_n - [a_{n1}\, x_1 + a_{n2}\, x_2 + ... + a_{nn}\, x_n] = d_n \end{array}\right\}$$

Este sistema de ecuaciones lo podemos poner de manera matricial de la siguiente forma:

$$\mathbf{x} - \mathbf{Ax} = \mathbf{d} \qquad \textbf{(1)}$$

Donde **A** es la matriz n x n de coeficientes técnicos a_{ij}, **x** es el vector de producción final y **d** el vector de demanda final. Además, cada columna de **A** se puede interpretar como los inputs directos que se necesitan para producir una unidad de producto de cada sector.

Si en lugar de mirar en los empleos nos fijamos en los recursos, tendríamos las siguientes ecuaciones en valores:[3]

$$\left.\begin{array}{c} x_1 - (x_{11} + x_{21} + ... + x_{n1}) = V_1 \\ x_2 - (x_{12} + x_{22} + ... + x_{n2}) = V_2 \\ .... \\ x_n - (x_{1n} + x_{2n} + ... + x_{nn}) = V_n \end{array}\right\}$$

Y si llamamos p_i al precio asignado a cada i (recordemos que en las TIO estadísticas se asume que los precios son unitarios), tendremos que:

$$\left.\begin{array}{c} p_1\, x_1 - [p_1(x_{11}/x_1)\, x_1 + p_2(x_{21}/x_1)\, x_1 + ... + p_n(x_{n1}/x_1)\, x_1] = V_1 \\ p_2\, x_2 - [p_1(x_{12}/x_2)\, x_2 + p_2(x_{22}/x_2)\, x_2 + ... + p_n\,(x_{n2}/x_2)\, x_2] = V_2 \\ p_n\, x_n - [p_1(x_{1n}/x_n)\, x_n + p_2(x_{2n}/x_n)\, x_n + ... + p_n(x_{nn}/x_n)\, x_n] = V_n \end{array}\right\}$$

De forma que esto puede expresarse como sigue:

$$\left.\begin{array}{c} p_1 - [p_1\, a_{11} + p_2\, a_{21} + ... + p_n\, a_{n1}] = V_1/x_1 = v_1 \\ p_2 - [p_1\, a_{12} + p_2\, a_{22} + ... + p_n\, a_{n2}] = V_2/x_2 = v_2 \\ .... \\ p_n - [p_1\, a_{1n} + p_2\, a_{2n} + ... + p_n\, x_n] = V_n/x_n = v_n \end{array}\right\}$$

[3] También ahora consideramos que V_i incluye los impuestos y, por simplicidad, que no hay fila de importaciones. Esta última condición equivale a suponer que x_i es la producción doméstica.

Lo que en forma matricial queda:

$$\mathbf{p}' - \mathbf{p}'\mathbf{A} = \mathbf{v}' \qquad \textbf{(2)}$$

donde **p** es el vector de precios y **v** el vector unitario de valor añadido.

De la expresión **(1)** podemos llegar a la siguiente relación entre output y demanda final:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\,\mathbf{d} \qquad \textbf{(3)}$$

y de la expresión **(2)** se obtiene la siguiente relación entre valor añadido y precios:

$$\mathbf{p}' = \mathbf{v}'\,(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \qquad \textbf{(4)}$$

siendo en ambas $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \geq 0$ la inversa de Leontief. Asumimos que existe esta inversa y es fácil probar que, en términos económicos, cada columna de la inversa de Leontief representa los incrementos en producción que se producen en cada sector i tras un aumento de una unidad en la demanda de bienes del sector j. En consecuencia, la expresión **(3)** nos dice cuál es la producción necesaria para satisfacer la demanda final, que no es otra cosa que esa demanda multiplicada por la inversa de Leontief. Igualmente, **(4)** nos revela que los precios no son otra cosa que los valores añadidos asociados, directa o indirectamente, a la producción de una unidad del bien correspondiente.

Finalmente, dentro de este contexto, podemos hablar de una tasa máxima de crecimiento, a la que llamamos R, tal que se cumple:

$$\mathbf{x} = (1 + R)\,\mathbf{A}\mathbf{x} \qquad \textbf{(5)}$$

que va asociada a una producción neta (o demanda final) igual a $R\mathbf{Ax}$. Simultáneamente existe una tasa máxima de beneficio π, tal que:

$$\mathbf{p}' = (1 + \pi)\,\mathbf{p}'\mathbf{A}$$

donde $\pi\,\mathbf{p}'\mathbf{A}$ sería el excedente o surplus correspondiente. Es fácil probar que R y π coinciden y que ambas son iguales a $1/\lambda(A) - 1$, siendo $\lambda(A)$ el valor propio de A denominado raíz de Frobenius.

Esta tasa de crecimiento máxima la utilizaremos en posteriores análisis.

2.3. El factor trabajo y la tecnología en la tabla

Hasta ahora sólo hemos visto cómo se conectan los distintos sectores mediante los coeficientes técnicos, pero no debemos olvidarnos del factor trabajo. Llamemos L_j a la cantidad total de trabajo necesaria, junto con los inputs, para producir x_j. La cantidad total de trabajo la denotaremos por L, de forma que:

$$L= L_1 + L_2 +...+ L_n$$

Es decir:

$$L= (L_1/x_1)\, x_1+ (L_2/x_2)\, x_2+...+ (L_n/x_n)\, x_n$$

Y si definimos (L_j/x_j) como el coeficiente de trabajo, l_j, la expresión anterior la podemos reescribir de manera que tendremos:

$$L= l_1\, x_1+ l_2\, x_2+...+ l_n\, x_n$$

O en forma matricial:

$$L= \mathbf{l}'\mathbf{x} \qquad \mathbf{(6)}$$

En las tablas input-output realmente no aparecen las horas de trabajo o el número de trabajadores, lo que aparece es el pago por el trabajo. Éste va incluido en el apartado de valor añadido junto con el excedente de explotación representando el coste.

Por otra parte, cada columna de la matriz **A** representa los usos o inputs necesarios para producir una unidad, en otras palabras nos desvela la tecnología media de cada sector. Por lo tanto, cada tecnología viene dada por un vector columna, y si la completamos con un coeficiente unitario del input trabajo, tendremos el vector:

$$(a_{1j}, a_{2j},..a_{nj}, l_j)$$

que es una representación sintética de las condiciones tecnológicas. Ésta es la razón por la que a los a_{ij} les denominamos coeficientes técnicos.

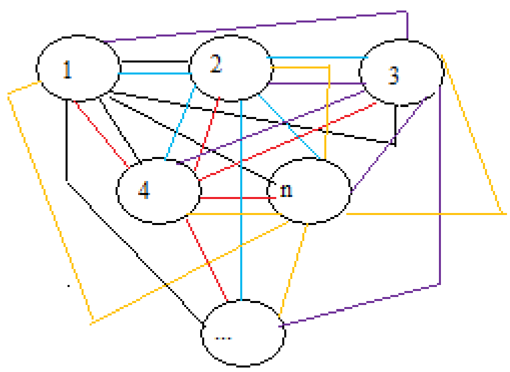
No deberíamos olvidar que en el contexto de una empresa, es tan importante el trabajo como los inputs materiales. La tecnología con la que produce una empresa la obliga a tener contratados más o menos trabajadores, por lo que l_j también es indicativo de la tecnología con la que cuenta cada sector.

No deberíamos olvidar tampoco que la tabla presentada es la denominada tabla simétrica, que supone tecnología única para cada sector y para cada producto. Esto no ocurre así en la realidad, pudiendo obtenerse un producto con varias tecnologías y generarse con cada actividad diversos productos (es lo que se conoce como producción conjunta). Ello ha hecho que en los últimos años no se hable de tablas input-output sino de marco input- output, elaborándose lo que se denomina tablas de origen y destino para captar esta información.

2. 4. Interdependencia entre sectores

En este apartado nos gustaría resaltar la relevancia de las relaciones que se establecen entre los distintos sectores, al ser la interdependencia sectorial una de las características más importantes del cambio tecnológico de una economía. Si hay algo que reflejan bien las tablas input-output es esto, las cadenas de dependencia que se dan entre los sectores. Por ejemplo, el sector de la agricultura vende los alimentos al sector agroalimentario, sector que los prepara y los vende al sector de la hostelería. Otro ejemplo, de la agricultura se obtiene la materia prima del azúcar, ésta es comprada por la industria agroalimentaria que genera azúcares. Estos azúcares pueden ser vendidos a los fabricantes de bebidas, las cuales serán vendidas a intermediarios como los supermercados que acabarán vendiendo estos productos a los consumidores (demanda final). Estas cadenas pueden representarse a través de grafos como el que sigue:

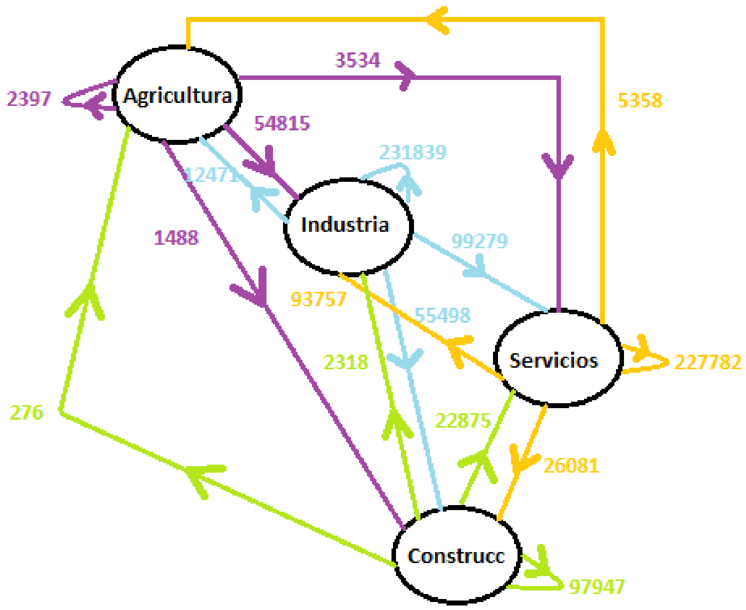
Gráfico 1: representación genérica de un grafo.



Fuente: elaboración propia.

Para mayor claridad podemos dibujar el grafo entre sectores productivos que correspondería a la tabla input-output agregada de la economía española que hemos presentado en el apartado anterior:

Gráfico 2: grafo economía española, 2005.



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del INE.

Así, con este grafo vemos de manera sencilla las distintas relaciones que se establecen entre cada uno de los sectores. Estos es algo importante porque en ocasiones estas cadenas de dependencia adquieren gran relevancia y hay pocos modelos que sean capaces de representarlas.

Para cuantificar esta dependencia se suelen seguir dos caminos; la valoración de los caminos de dependencia y la inversa de Leontief. El primero consiste en ponderar la dependencia de cada tramo de un camino de dependencia y agregar todos los tramos correspondientes. El segundo consiste en obtener los coeficientes backward y forward de cada bien, que nos dan ya una medida agregada de la dependencia.

Si pensamos que a_{ij} son las compras de i a j por unidad de i, podemos obtener la dependencia de i respecto de j sumando la dependencia (el input de i requerido por unidad de j) a través de todas las cadenas;

$$(i, j_1), (j_1, j_2), (j_2, j_3), ..., (j_n, j)$$

que se pueden obtener. Como para cada una de las cadenas la cantidad requerida es

$$a_{ij1} * a_{j1,j2*} ... *a_{jn,j}$$

,la dependencia estará dada por la siguiente suma extendida a todas las cadenas posibles:

$$\Sigma\, a_{ij} * a_{j1,\, j2} * \ldots * a_{jn,\, j}$$

La inversa de Leontief nos sirve para estimar la totalidad de las dependencias ya que si;

$$(I- A)^{-1} = (\alpha_{ij})$$

se verifica:

$$\alpha_{ij} = \Sigma\, a_{i,j1} * a_{j1,\, j} * \ldots * a_{jn,\, j},\ \text{si } i \neq j$$

$$\alpha_{ij} = 1 + \Sigma\, a_{i,j1} * a_{j1,\, j2} * \ldots * a_{jn,\, j},\ \text{si } i = j$$

Cuando $i \neq j$, α_{ij} es la suma de la dependencia directa a_{ij} y de todas las indirecta de i respecto de j. Cuando $i=j$, α_{ij} tiene el mismo significado, pero incluye también la unidad neta de bien i producida.

Es usual denominar coeficiente de arrastre j a la suma $\sum_j \alpha_{ij}$ y coeficiente impulso a la suma $\sum_i \alpha_{ij}$. Para más información ver Sánchez Chóliz y Duarte (2003). De acuerdo con lo anterior, el coeficiente de arrastre de j son los inputs requeridos, directa o indirectamente, de cualquier otro bien para obtener una unidad neta de j. Simultáneamente, el impulso de i, serán los bienes de i usados, directa o indirectamente, como inputs para producir una demanda final del tipo (1, 1,..., 1)´.

Un caso particular de dependencia se da cuando la matriz A es descomponible, es decir, si adquiere la siguiente forma:

$$\begin{Bmatrix} \boldsymbol{A_{11}} & \boldsymbol{A_{12}} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{A_{22}} \end{Bmatrix}$$

Lo que esto indica es que hay n_1 procesos o vectores que sólo utilizan inputs procedentes de ellos mismos y que hay otro grupo de sectores (n_2) que utilizan inputs tanto de ellos mismos como del resto de sectores. Teniendo esto en cuenta podría escribirse:

$$\mathbf{x_1 - A_{11}x_1 + A_{12}x_2 = D_1}$$

$$\mathbf{x_2 - A_{22}x_2 = D_2}$$

Por lo que se cumple:

$$\mathbf{x_2 = (I_2 - A_{22})^{-1}\ D_2}$$

De forma que $\mathbf{x_2}$ se puede calcular de manera independiente a la demanda del primer grupo de sectores.

Si nos fijamos en las ecuaciones de precios tendríamos:

$$\mathbf{p_1'} = \mathbf{p_1' A_{11}} + \mathbf{v_1'}$$

$$\mathbf{p_2'} = \mathbf{p_1' A_{12}} + \mathbf{p_2' A_{22}} + \mathbf{v_2'}$$

y ahora sería $\mathbf{p_1'}$ quien sólo dependería de sus propios vectores ya que $\mathbf{p_1'} = \mathbf{v_1'}(\mathbf{I_1} - \mathbf{A_{11}})^{-1}$.

2.5. Precios

Una vez explicada la estructura básica del modelo input- output, estamos en condiciones de introducir una mayor complejidad en las ecuaciones de precios y profundizar en la función de costes, que estará formada por los costes de capital y los costes del trabajo. Distinguimos dos modelos de producción, el modelo mercantil simple y el modelo con "excedente" (en algunos sitios lo podemos encontrar con el nombre de modelo capitalista). Definiremos la función de costes en cada uno de los dos casos.

En el modelo de producción mercantil simple los productores son los propietarios de sus medios de producción, por lo que no hay trabajadores tal y como se entienden habitualmente. Así, los productores venden el resultado de su trabajo dentro de unos mercados competitivos. Dentro de este contexto llamaremos p_k al precio de equilibrio de la mercancía k y v al ingreso de los productores por unidad de tiempo de trabajo, que por simplicidad identificamos con un trabajador. De esta manera, podemos identificar v con la productividad por trabajador, que supondremos uniforme para todos ellos. Como los precios deben cubrir los costes derivados de los inputs más el ingreso de los productores, tendremos el siguiente sistema de precios:

$$\left.\begin{array}{c} p_1 = p_1 a_{11} + p_2 a_{22} + \ldots + p_n a_{n1} + v l_1 \\ p_2 = p_1 a_{12} + p_2 a_{22} + \ldots + p_n a_{n2} + v l_2 \\ \ldots\ldots \\ p_n = p_1 a_{1n} + p_2 a_{2n} + \ldots + p_n a_{nn} + v l_n \end{array}\right\}$$

Lo que en forma matricial queda de la siguiente manera:

$$\mathbf{p}' = \mathbf{p}'\mathbf{A} + v\mathbf{l}'$$

Despejando p´ obtendríamos:

$$\mathbf{p}' = v\mathbf{l}' (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

Fácilmente podemos transformar estas expresiones dividiendo ambos términos por v, lo que nos lleva a;

$$\mathbf{p_v}' = \mathbf{p_v}' \mathbf{A} + \mathbf{l}'$$

$$\mathbf{p_v}' = \mathbf{l}' (\mathbf{I}\text{-}\mathbf{A})^{-1} \qquad \textbf{(7)}$$

siendo $\mathbf{p_v} = 1/v\ \mathbf{p}$. Estas expresiones recogen los precios en términos del tiempo de trabajo. Mientras, esta $\mathbf{p_v}$ coincide con el concepto de valor trabajo de Marx (ver M. Morishima, 1976). Es importante hacer hincapié en que éste es el trabajo que, directa o indirectamente, vamos a necesitar para producir una unidad de producción.

En el modelo de producción con “excedente” los propietarios son los capitalistas que contratan a trabajadores, a los que hay que pagar un salario. Estos trabajadores venden su capacidad de trabajo a cambio de un salario que lo vamos a denotar por w. Así, los productores no sólo van a cubrir los costes sino que también van a querer maximizar las ganancias derivadas de su capital o excedente de explotación. Recordemos que el capital tiene dos componentes; una circulante (inputs y salario) y el capital fijo. Si a la tasa de beneficio del capital la llamamos r y consideramos en el modelo el capital fijo, el sistema de precios quedaría de la siguiente forma

$$\left.\begin{array}{c} p_1 = (\sum p_i a_{i1} + wl_1) + r\,(\sum p_i a_{i1} + wl_1 + k_1) \\ \ldots \\ p_n = (\sum p_i a_{in} + wl_n) + r\,(\sum p_i a_{in} + wl_n + k_n) \end{array}\right\}$$

Lo que en forma matricial podría expresarse como sigue:

$$\mathbf{p}' = (\mathbf{p}'\mathbf{A} + w\mathbf{l}') + r\,(\mathbf{p}'\mathbf{A} + w\mathbf{l}' + \mathbf{k}')$$

En los modelos teóricos, por simplicidad, es usual no tener en cuenta el capital fijo. En este caso el modelo se simplifica y tendremos:

$$\mathbf{p}' = (1+r)\,(\mathbf{p}'\mathbf{A} + w\mathbf{l}') \qquad \textbf{(8)}$$

Y si w lo expresamos como **p´b**, donde **b** es una cesta salarial o de subsistencia, tendríamos:

$$\mathbf{p}' = (1+r)\,\mathbf{p}'(\mathbf{A} + \mathbf{b}\mathbf{l}') = (1+r)\,\mathbf{p}'\mathbf{M}'$$

Es relevante que, partiendo de la ecuación **(8),** podemos obtener una relación entre la tasa de beneficio y la tasa de salario (w). Consideramos un numerario tal que $\mathbf{p}'\mathbf{S} = 1$, siendo **S** un vector de producción. Despejando, el precio de la expresión **(8)**

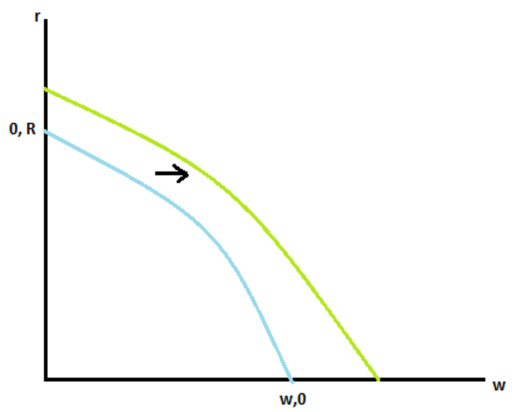
$$\mathbf{p}' = (1+r)\,\mathbf{p}'\mathbf{A} + (1+r)\,w\mathbf{l}$$

$$\mathbf{p}' = (1+r)\,w\mathbf{l}'[\mathbf{I} - (1+r)\,\mathbf{A}]^{-1}$$

y multiplicando a la derecha por **S**, obtenemos:

$$(1+r)\,w\mathbf{l}'\,[\mathbf{I} - (1+r)\,\mathbf{A}]^{-1}\,\mathbf{S} = 1$$

que es la ecuación llamada frontera salario- beneficio. De ella podemos ver fácilmente que se trata de una curva decreciente y cóncava, por lo que su representación gráfica para dos conjuntos de tecnologías sería:[4]



[4] Un ejemplo concreto puede verse en Vegara, J.M. (1979), p. 42. Supongamos una matriz $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,3 & 0,6 \end{pmatrix}$ y un vector $\mathbf{l} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$. Sustituyendo estos valores en las ecuaciones de precios y suponiendo $p_1 = 1$, podemos despejar y obtener una relación entre r y w:

$$w = \frac{1 - (1+r)[0,97 - 0,33\,r]}{(1+r)}$$

Así, dando valores a w y r se obtiene la representación gráfica de esta relación.

Si nos fijamos en la frontera dibujada en azul, lo que podemos ver es que hay un trade-off entre salarios y tasa de beneficio, si hay un aumento del salario hay una disminución de la tasa de beneficio y viceversa (desplazamientos a lo largo de la curva). Si hay un cambio tecnológico esta curva se desplazará hacia arriba, de forma que ahora la nueva frontera será la verde. Vemos que este cambio puede llevar a aumentos en el salario, a aumentos en la tasa de beneficio o aumentos de ambos aspectos.

3. Cambio tecnológico en el marco input-output (modelo de producción simple)

Hasta aquí hemos intentado dar una explicación clara y concisa de cuál es la estructura de una tabla input-output y cómo recoge el funcionamiento del proceso productivo. Por supuesto, se podría ofrecer una explicación mucho más detallada, pero para nuestros intereses con esta descripción nos basta. En este apartado veremos cómo podemos introducir el cambio tecnológico, en el modelo de producción simple, distinguiendo distintos tipos y formas. En el siguiente apartado veremos lo mismo pero para el caso del modelo de producción con excedente.

Empezamos viendo la innovación tecnológica dentro del modelo de producción mercantil simple, donde la base del valor es el trabajo. Veamos primero la forma más simple de representarla, como una reducción de costes. Imaginemos que aparece una nueva técnica para producir un producto k, de forma que la nueva tecnología vendrá caracterizada por:

$$(a^*_{1k},..., a^*_{nk}, l_k^*)$$

Esto puede recoger, al menos, dos tipos de cambio técnico, uno derivado de una reducción de los inputs materiales y otro derivado de una reducción de los inputs del trabajo. También recoge situaciones mixtas. La nueva técnica se adoptará si reduce los costes, de una u otra manera, siendo los precios vigentes los que usaremos para valorar. En este caso la nueva tecnología se adoptará si se cumple:

$$\sum_{i=1}^{n} p_{i,v}\, a^*_{ik} + l^*_k < \sum_{i=1}^{n} p_{iv}\, a_{ik} + l_k = p_{k,v}$$

Es decir, se adopta el nuevo procedimiento productivo en el caso de que el resulte más barato que el anterior, o dicho de otro modo, si existe una reducción de costes. Dado el significado de p_v, esto equivale a que haya una reducción del trabajo necesario, directa o indirectamente, y, por tanto, una mejora de la productividad del trabajo.

Ocurrirá que durante un tiempo coexistirán los dos procedimientos, y que finalmente el nuevo producto sustituirá al antiguo. Mientras coexistan los dos se verificarán las siguientes ecuaciones:

$$\left.\begin{array}{c} p_{1,v}=p_{1,v}\,a_{11}+p_{2,v}\,a_{21}+\ldots+p_{n,v}a_{n1}+l_1 \\ p_{k,v}=p_{1,v}a_{1k}+p_{2,v}\,a_{2k}+\ldots+p_{n,v}\,a_{nk}+l_k \\ p_{k,v}>p_{1,v}\,a_{1k}^*+p_{2,v}\,a_{2k}^*+\ldots+p_{n,v}\,a_{nk}^*+l_k^* \\ p_{n,v}=p_{1,v}\,a_{1n}+p_{2,v}\,a_{2n}+\ldots+p_{n,v}\,a_{nn}+l_n \end{array}\right\}$$

Lo que refleja que aquellos productores que introducen las nuevas técnicas pueden obtener unos beneficios extraordinarios

$$p_{k,v} - \left(\sum_{i=1}^{n} p_{i,v}\, a_{ik}^* + l_k^*\right) > 0$$

que se derivan de la reducción de costes producida por el progreso técnico.

Para probar la reducción de precios, algo típico de la mejora tecnológica y que en este caso equivale a una mejora de la productividad del trabajo, basta con observar que el sistema anterior lo podemos expresar como:

$$\mathbf{p}_v'\,(\mathbf{I}-\mathbf{A}^*) \geq (\mathbf{l}^*)'$$

de donde obtendremos, multiplicando por $(\mathbf{I}-\mathbf{A}^*)^{-1}$, la relación[5]:

$$\mathbf{p}_v' \geq (\mathbf{l}^*)'\,(\mathbf{I}-\mathbf{A}^*)^{-1} = \mathbf{p}_v'^* \qquad \mathbf{(9)}$$

Por lo que se puede concluir que el progreso técnico, a través de los beneficios extraordinarios que genera, da lugar finalmente a una mejora social.

Todo lo que hemos explicado aquí hasta ahora es lo que se podría llamar cambio técnico, dado que nos fijamos en un sector determinado. Pero todo cambio a través de las cadenas de dependencia influye en otros sectores. Más aún, si son varios los sectores afectados tendríamos un cambio técnico multisectorial o global, que es al único que, de una manera estricta, deberíamos llamar cambio tecnológico. Ésta es una de las cuestiones que mejor pueden estudiarse a través de los modelos input-output, ya que la mejora de la productividad se difunde de unos sectores a otros a través de las cadenas de dependencia. Esto puede verse muy bien a través de los cambios en la inversa de Leontief. Si Partimos de la expresión **(7)**, $\mathbf{p}_v' = \mathbf{p}_v'\mathbf{A} + \mathbf{l}'$, por diferenciación obtenemos:

$$d\mathbf{p}_v' = d\mathbf{p}_v'\mathbf{A} + \mathbf{p}_v'\,d\mathbf{A} + d\mathbf{l}'\,(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$$

[5] La desigualdad es estricta si $\mathbf{A}^*$ es indescomponible, al ser en este caso $(\mathbf{I}-\mathbf{A}^*)^{-1}>0$.

y también su expresión equivalente:

$$d\mathbf{p_v}' = \mathbf{p_v}'d\mathbf{A}\,(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1} + d\mathbf{l}'(\mathbf{I}-\mathbf{A})$$

Si el cambio sólo es en **A** y $\mathbf{A^*} \leq \mathbf{A}$, $\mathbf{p_0}'d\mathbf{A}\,(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1} \leq 0$, es decir, se necesitan menos inputs para producir los productos finales, $d\mathbf{p}'_{\mathbf{v}} \leq 0$, por lo que a través de una reducción de los inputs físicos necesarios para producir se llega a un menor valor del trabajo y a un aumento de la productividad, por tanto, se obtienen unos beneficios extraordinarios. Si **A** es indescomponible la mejora de la productividad afecta a todos los sectores al ser $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}>0$. Lo mismo ocurre si el cambio sólo se produce en l. Si $l \geq l^*$ es claro que $dp_v \leq 0$, y por lo tanto se obtienen unos beneficios extraordinarios, mejorándose la productividad y difundiéndose ésta a otros sectores a través de las dependencias recogidas por $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$.

Hasta ahora sólo hemos visto innovación en proceso, caracterizado por la columna correspondiente de A y su l_i, pero también podría haber innovación en producto, lo que supondría una nueva columna de coeficientes técnicos. La matriz de coeficientes quedaría de la siguiente forma:

$$\left\{\begin{array}{cccc} a_{11} & \ldots & a_{1n} & a^*_{1,\,n+1} \\ a_{21} & \ldots & a_{2n} & a^*_{2,\,n+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a^*_{n1} & \ldots & a^*_{nn} & a^*_{n,\,n+1} \\ 0 & \ldots & 0 & a^*_{n+1,\,n+1} \end{array}\right\}$$

Así, el precio que correspondería al producto estará dado por:

$$p_{n+1,\,v}^* = [\textstyle\sum p_{i,\,v}\, a^*_{i,\,n+1} + l^*_{n+1}] \,/\, (1 - a^*_{n+1,\,n+1})$$

y el único problema que tendríamos es saber si existe una demanda positiva para este nuevo producto a ese precio.

4. Cambio tecnológico en el marco input-output (modelo de producción con excedente)

Pasemos ahora a ver la innovación tecnológica en el contexto del modelo de producción con "excedente". El sistema de precios que tendríamos, tal y como ya hemos comentado, sería la expresión **(8)**:

$$\mathbf{p}' = (1+r)\,(\mathbf{p}'\mathbf{A} + w\mathbf{l}')$$

donde w, como ya hemos dicho, lo suponemos igual a $\mathbf{p}'\mathbf{b}$. Para comprobar que toda innovación tecnológica, entendida como reducción de costes, lleva a un beneficio extraordinario y a una mejora de la tasa de beneficio, vamos a utilizar el Teorema de Okishio. Para empezar vamos a ver cómo caracterizamos que un cambio técnico sea viable.

De manera análoga al caso de producción simple, el paso de una tecnología

$$(a_{1k}, a_{2k},..., a_{nk}, l_k) \text{ a } (a_{1k}^*, a_{2k}^*,..., a_{nk}^*, l_k^*)$$

será viable si se produce una reducción de costes a los precio iniciales y con las tasas de salario y beneficio existentes, esto es si:

$$(1+r)\,(\Sigma\, p_i a_{ik} + wl_k) > (1+r)(\,\Sigma p_i\, a_{ik}^* + wl_k)$$

Claramente esto genera unos beneficios extraordinarios a favor del innovador, en tanto no se alcance el nuevo equilibrio.

Notemos que la reducción de costes puede venir de nuevo vía inputs, por menores a_{ik}, o por un menor l_k' ($l_k^* < l_k$), o bien por una combinación de ambos tipos de cambio. En otras palabras, todo cambio en los a_{ik} o en los l_k que dé lugar a una transformación de (**A**, **B**, **l**) a (**A***, **B***, **l***) y que verifique;

$$\mathbf{p}'\,(\mathbf{A}+\mathbf{B}\mathbf{l})\,\mathbf{x} > \mathbf{p}\,(\mathbf{A}^*+\mathbf{B}^*\mathbf{l}^*)\,\mathbf{x} \qquad \textbf{(10)}$$

será un cambio viable, siendo **x** es el vector de crecimiento equilibrado inicial y **p** es el vector de precios de equilibrio. Recordemos que al ser **A** indescomponible, **x**>0 y **p**>0 y asumimos esta condición por comodidad y simplicidad.

Partiendo de esta desigualdad, que incluye muchos más cambios técnicos que los comentados y recoge entre otros casos cambios conjuntos en diferentes sectores, vamos a establecer el Teorema de Okishio (ver Sánchez. J, 1990) para probar el incremento de la tasa de beneficio. Este teorema vendría a decir:

"Una innovación diferencial, es viable si y sólo si la tasa de beneficio r homogénea crece."

Veamos la demostración para lo que asumiremos que para todo valor propio de λ de **A**+**bl**, siendo **p´** y **X** los vectores propios a izquierda y derecha que cumplen **p´X**=1.

$$\mathbf{p}'\mathbf{x} = 1; \; \lambda\mathbf{x} = \mathbf{Mx}; \; \lambda\mathbf{p}' = \mathbf{p}'\mathbf{A}$$

Entonces:

$$\lambda\mathbf{p}'\mathbf{x} = \mathbf{p}'\mathbf{Mx}$$

Lo que nos lleva a:

$$\lambda = \mathbf{p}'\mathbf{Mx}$$

Hacemos la derivada respecto de **M**:

$$d\lambda = d\mathbf{p}'\mathbf{Mx} + \mathbf{p}'d\mathbf{Mx} + \mathbf{p}'\mathbf{M}d\mathbf{x} = \lambda d\mathbf{p}'\mathbf{x} + \mathbf{p}'d\mathbf{Mx} + \lambda\mathbf{p}'d\mathbf{x} = \mathbf{p}\, d\mathbf{Mx} + \lambda\,(d\mathbf{p}'\mathbf{x} + \mathbf{p}'d\mathbf{x}) = \mathbf{p}'\, d\mathbf{M}\;\mathbf{X}$$

luego

$$\boxed{\frac{\partial\lambda}{\partial\mathbf{M}} = \mathbf{p}\;\mathbf{X}'}$$

que nos dice como cambia el valor propio ante cualquier cambio de **M**. En la expresión debemos tener en cuenta que **p** es un vector columna y **X´** es un vector fila.

Si nos fijamos en la expresión diferencial anterior, y la aplicamos a cambios en **M**=**A**+**bl**, tendremos;

$$d\,\lambda(\mathbf{M}) = \mathbf{p}'(\mathbf{A^*} + \mathbf{b^*L^*} - \mathbf{A} - \mathbf{BL})\,\mathbf{X}$$

En consecuencia la tasa de beneficio r, que es igual a $r = \frac{1}{\lambda} - 1$, tenderá a crecer al disminuir λ, siempre que el proceso sea viable, por la condición **(10)**, y recíprocamente Hay que señalar que este cambio puede venir dado tanto por cambios en **A** como por cambios en **l** o en **B**, ya que cualquiera de estos cambios puede llevarnos a la condición **(10)**.

Así con todo esto podemos ver como un progreso técnico que implica una reducción de costes (tanto en trabajo como en capital) puede llevar a las empresas a obtener unos beneficios extraordinarios y posteriormente a mejorar la eficiencia productiva de toda la economía.

La expresión de $\partial\lambda/\partial\mathbf{M} = \mathbf{p}\ \mathbf{x}'$, además de su utilidad para probar el teorema anterior, nos dice también cuanto aporta cada coeficiente y cada cambio de proceso a la mejora de la productividad y la eficiencia, mostrando como cada cambio tecnológico afecta al cambio tecnológico global.

Ya hemos visto que todo cambio viable mejora la tasa de beneficio al disminuir λ, pero no todos los cambios son equivalentes, no siendo lo mismo reducir **A**, que **b** o **l**. Si hay una reducción de **A**, se reducirá el valor propio λ de **A**, $\lambda(\mathbf{A})$ y como;

$$\lambda(\boldsymbol{A})\boldsymbol{p}' = \boldsymbol{p}'\boldsymbol{A}$$

$$\lambda(\mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{x} = (1 + \mathrm{R})\mathbf{A}\mathbf{x}$$

Lo que se incrementará será, además de la tasa de beneficio, la máxima tasa de crecimiento R.

Por otra parte, si **A** no cambia pero lo hace **B** o **l**, el cambio viable llevará a la reducción del valor propio $\lambda(\mathbf{A}+\mathbf{B}\mathbf{l}')$, luego al aumento de la tasa de beneficio, pero no al aumento de la capacidad máxima (capacidad potencial) de crecimiento de la economía.

5. Análisis del cambio tecnológico en el marco input-output: descomposición estructural

(Ver Duarte. R, et al, 2010) En el análisis del valor añadido español, que haremos posteriormente, vamos a hacer uso del análisis de descomposición estructural, herramienta que ha sido muy empleada para analizar los distintos factores que hay detrás de un cambio económico y, en particular, para diferenciar entre cambios derivados de la demanda y cambios asociados a la tecnología. Así, vamos a distinguir en el análisis de la economía española un efecto demanda, el efecto tecnológico total (con cuatro componentes: efectos tecnológicos del salario, del trabajo y del capital y el efecto sustitución); el efecto salario, el efecto trabajo y el efecto capital .Finalmente, se calculará un efecto escala, definiéndolo como la diferencia entre el efecto demanda y el efecto tecnológico total.

La metodología que se va a seguir va a ser la siguiente. Partimos de la ecuación más sencilla:

$$\mathbf{x}= (\mathbf{I}- \mathbf{A})^{-1}\ \mathbf{d}$$

donde $(\mathbf{I}\text{-}\mathbf{A})^{-1}$, como ya sabemos, es la inversa de Leontieff, **d** es el vector de demanda y **x** es el vector de producto. Así, podemos definir el valor añadido de la siguiente manera:

$$\mathbf{v} = \hat{\mathbf{c}}\mathbf{x} = \hat{\mathbf{c}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\ \hat{\mathbf{d}}\mathbf{e}$$

Donde **e** es el vector unidad, **c** el vector de valores añadidos unitarios y $\mathbf{c}' = \mathbf{w}'\,\hat{\mathbf{l}} + \mathbf{c}^{cap'}$, siendo **w** el vector salario, **l** el vector de coeficientes de trabajo por unidad de producto y $\mathbf{c}^{\mathbf{cap}'}$ el coeficiente de coste del capital. De forma que la expresión anterior quedará de la siguiente forma:

$$\mathbf{v} = \left(\hat{\mathbf{w}}'\hat{\mathbf{l}} + \hat{\mathbf{c}}^{\mathbf{cap}'}\right) * (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\ \hat{\mathbf{d}}\mathbf{e}$$

Los cambios en el valor añadido pueden venir por variaciones en **c** (efecto fabricación), por cambios en la matriz de coeficientes **A** (efecto tecnológico) y/o por cambios en **d** (efecto demanda). El efecto fabricación puede dividirse en efecto capital y efecto coste del trabajo, el cual a su vez puede descomponerse en el efecto salario, que capta los cambios en los pagos a los trabajadores, y el efecto trabajo, que recoge las variaciones en el número de trabajadores.

A partir de aquí vamos a hacer una descomposición diferencial, que es la base del análisis de descomposición estructural, y de esta forma obtenemos los diferentes efectos, de los que acabamos de hablar. Sustituimos, además, **A** por la expresión $\Omega\,(I-\hat{c})$, donde **Ω** representa la estructura tecnológica de **A** independiente de **c** y siendo la suma de sus columnas 1. De esta forma, los elementos de las columnas de la matriz **Ω** tienen la misma estructura tecnológica que A pero al ser su suma 1 no dependen del coeficiente del valor añadido. Por lo tanto, diferenciando nos queda:

$$\begin{aligned}\mathbf{dv_0} = {}& \mathrm{d}\hat{\mathbf{w}}_0\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}+\hat{\mathbf{w}}_0\mathrm{d}\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}+\\ & \mathrm{d}\hat{\mathbf{c}}_0^{\mathbf{cap}}[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}+\hat{\mathbf{c}}_0\mathrm{d}([(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1})\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}+\\ & \hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\mathrm{d}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}\end{aligned}$$

Esta expresión recoge el efecto salario, el efecto trabajo, el efecto tecnológico y el efecto demanda. Como ya hemos dicho, la suma de los dos primeros efectos es el efecto coste del trabajo. Es importante señalar que si este efecto tiene signo negativo esto implicaría un ahorro de los costes del trabajo, lo que es una característica de las innovaciones basadas en la reducción de los costes del trabajo. Lo mismo podría decirse si el signo del efecto capital es negativo, podría ser indicador de innovaciones basadas en ahorros del capital[6]. El problema que tiene esta expresión es que el efecto tecnológico no sabemos si procede de una disminución del coste de los factores o procede de un cambio en las tecnologías de producción. Para solucionarlo se descompone por diferenciación el efecto tecnológico en cuatro efectos; efecto tecnológico salario, efecto tecnológico capital, efecto tecnológico trabajo y efecto tecnológico sustitución, por lo que la expresión anterior ahora nos queda como sigue:

$$\begin{aligned}\mathbf{dv_0} = {}& \mathrm{d}\hat{\mathbf{w}}_0\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}-\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}_0\,\mathrm{d}\hat{\mathbf{w}}_0\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}\\ & +\hat{\mathbf{w}}_0\mathrm{d}\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}-\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}_0\,\hat{\mathbf{w}}_0\mathrm{d}\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}\\ & +\mathrm{d}\hat{\mathbf{c}}_0^{\mathbf{cap}}[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}-\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}_0\,\mathrm{d}\hat{\mathbf{c}}_0^{\mathbf{cap}}[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}\\ & +\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\mathrm{d}\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}\\ & +\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\mathrm{d}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}\end{aligned} \qquad \mathbf{(11)}$$

El primer sumando de la expresión muestra el efecto salario, el segundo refleja el efecto tecnológico del cambio en los salarios, el tercer sumando refleja el efecto trabajo,

---

[6] Es indicador y no una medida robusta porque nuestro modelo, como es usual en los modelos input-output, no recoge el capital fijo.

mientras el cuarto refleja el efecto tecnológico del cambio en los inputs del trabajo, el quinto sumando recoge el efecto capital, el sexto el efecto tecnológico de los cambios en el capital, el séptimo capta los efectos tecnológicos de sustitución de inputs y la última parte de la expresión refleja el efecto demanda.

Una vez obtenida esta expresión, resulta conveniente profundizar en el significado económico de la expresión **(11)**. Teniendo en cuenta que:

$$\mathbf{e}'\hat{\mathbf{c}}_0[\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}=\mathbf{e}' \;\text{ y }\; \mathbf{e}'\boldsymbol{\Omega}_0=\mathbf{e}'$$

Llegamos fácilmente a:

$$\mathbf{e}'\hat{\mathbf{c}}_0[\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\mathrm{d}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}=\mathbf{e}'\mathrm{d}\mathbf{v}_0 \tag{12}$$

Esta relación indica que la suma de los efectos demanda en cada sector es igual a la variación total en el valor añadido. Por lo tanto, el efecto demanda que aparece en la expresión **(11)** no puede ser interpretado como un efecto escala, dado que también incluye efectos tecnológicos.

Apoyándonos en la misma ecuación también veremos que se verifica:

$$\mathbf{e}'[\mathrm{d}\hat{\mathbf{w}}_0\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}-\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}_0\,\mathrm{d}\hat{\mathbf{w}}_0\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}]=0 \tag{13}$$

$$\mathbf{e}'[\hat{\mathbf{w}}_0\mathrm{d}\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}-\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}_0\,\hat{\mathbf{w}}_0\mathrm{d}\hat{\mathbf{l}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}]=0 \tag{14}$$

$$\mathbf{e}'[\mathrm{d}\hat{\mathbf{c}}_0^{\mathbf{cap}}[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}-\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}_0\,\mathrm{d}\hat{\mathbf{c}}_0^{\mathbf{cap}}[(\mathbf{I}-\boldsymbol{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}]=0 \tag{15}$$

Estas expresiones ponen de relevancia la significatividad de los componentes del efecto tecnológico. En concreto, muestran que la suma de los efectos salario, trabajo y capital para todos los sectores de la economía coinciden con la suma de los efectos tecnológicos correspondientes. Antes hemos dichos que el signo negativo de los efectos salario, trabajo y capital indicaban ahorro en los costes, el efecto tecnológico tendría el signo contrario y mediría las ganancias en valor añadido derivadas de esta reducción en costes, ganancias que se mantendrán tras el ahorro en la economía, mejorando la productividad.

Finalmente, obtenemos:

$$\mathbf{e}'\hat{\mathbf{c}}_0[(\mathbf{I}-\mathbf{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\mathrm{d}\mathbf{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)[(\mathbf{I}-\mathbf{\Omega}_0(\mathbf{I}-\hat{\mathbf{c}}_0)]^{-1}\hat{\mathbf{d}}_0\mathbf{e}=0 \qquad \textbf{(16)}$$

Esta ecuación indica que los procesos de sustitución de inputs dentro de una economía se anulan globalmente, lo que significa que un incremento en un input supone reducción o reducciones en otros. Este resultado es claramente dependiente del uso de la matriz **Ω**, ya que ésta permite definir un efecto sustitución aislado de los efectos asociados a los cambios del valor añadido.

Así, esta va a ser la metodología que vamos a seguir en el último apartado, a la hora de realizar el análisis empírico con los datos disponibles sobre España.

6. La visión Schumpeteriana

6.1. Schumpeter y el crecimiento económico: ciclos y ondas

Anteriormente se ha intentando mostrar como el progreso puede ser analizado a través de la información que dan las tablas input- output. En este apartado vamos a relacionar el comportamiento de los procesos de cambio tecnológico con los ciclos largos y el crecimiento, en otras palabras, vamos a plantear la visión schumpeteriana del crecimiento. Esto estaría justificado porque más adelante defenderemos que la economía española ha seguido desde los años 80 un comportamiento coherente con la evolución cíclica de una onda tipo Kondratief.

Para Schumpeter la producción viene determinada por una serie de factores, ya sean materiales o inmateriales. Dentro de los factores materiales Schumpeter incluye el trabajo y el capital, dentro de los inmateriales incluye aspectos sociales y tecnológicos. Para este autor, la economía en un principio está en equilibrio, el cual se repite año tras año, es lo que él llama flujo circular. Según la visión de Schumpeter, lo único que puede mover realmente el desarrollo económico es la innovación. Es más, piensa que las innovaciones puramente incrementales no son suficientes para que una economía se desarrolle. Hace falta un boom o paquete agregado de innovaciones radicales, entendidas cada una de estas como la aparición de un nuevo producto, un nuevo medio de producción, un nuevo mercado o una nueva forma de organización. Pero detrás de cada una de estas innovaciones radicales tiene que haber siempre un empresario innovador. Este empresario invertirá dinero para crear e introducir una innovación, que con el tiempo se irá difundiendo hasta que la nueva tecnología sea adaptada por el resto de empresarios. Cuando las nuevas innovaciones se asimilan se llega a un nuevo equilibrio donde la producción es mayor y su composición es distinta, deteniendose el crecimiento, y la onda tecnológica se acaba. Sólo si aparece otro paquete de innovaciones radicales el proceso se repetirá de nuevo, y así sucesivamente, dando lugar a la sucesión de ondas largas. Las ondas largas que caracteriza Schumpeter pueden descomponerse en cuatro fases: recuperación, prosperidad, recesión y depresión. La segunda fase correspondería con el momento en el que la innovación tiene los mayores efectos sobre la economía, es decir, cuando el sistema se aleja más del equilibrio, la fase de recesión vendría dada por una ralentización de estos efectos y un acercamiento del sistema hacia el nuevo equilibrio, tras este periodo viene la fase de depresión, de la que se saldrá a través de incrementos en el gasto de inversión, que llevará a una fase de recuperación con la cual se inicia la nueva onda.

Schumpeter también hace referencia al poder de la especulación (ver J. A Schumpter, 1939). Durante la fase de prosperidad las empresas antiguas van a reaccionar para aprovechar las nuevas oportunidades que la economía ofrece. Pero esta reacción puede ser interpretada erróneamente por algunos, quienes ven en ello una prueba de que la economía se va a mantener creciendo significativamente de forma indefinida. Estos agentes tomarán decisiones acordes con esta idea, hasta que los hechos demuestran que el supuesto no era real, la economía empieza a decrecer y las empresas comienzan a tener perdidas. Es lo que Schumpeter llama onda secundaria. Finalmente, considera la existencia de una serie de ondas simultáneas, no asociadas a la especulación, de corta duración, que suelen ser todas del mismo tipo.

Modelar estos ciclos largos es muy problemático. Primero porque es difícil encontrar información estadística de calidad y suficiente, segundo por su irregularidad. Para hacerlo, frecuentemente se utilizan las tradicionales curvas logísticas o las curvas de Gompertz. Muchos fenómenos económicos siguen una dinámica parecida a la que siguen estas curvas, como el ciclo de vida de los productos o la difusión gradual de las innovaciones, pero las formulaciones más sencillas de estas curvas presentan algunas limitaciones para su aplicación en nuestro caso, siendo la principal que están caracterizadas por tasas de crecimiento constantemente decrecientes, lo que no es aceptable para la descripción de los ciclos económicos. Para poder aplicar estas curvas a los procesos de innovación tecnológica y a su efecto sobre el crecimiento es necesario utilizar curvas logísticas o de Gompertz generalizadas. Sobre este tema y sobre las ondas sigmoideas generalizadas puede verse el trabajo de Gloria Jarne, et al. (2007).

En este contexto, el final de una onda larga tendrá importantes efectos económicos pero hay dos que nos gustaría destacar. Por un lado, es de esperar caídas de las rentas en los países desarrollados. El agotamiento de la tecnología supone la necesidad de realizar mayores inversiones en capital humano, lo que se traduce en una mayor presión sobre el excedente empresarial y en reducciones salariales. Por otra parte, el final de una onda larga debería ir acompañado por una disminución de las inversiones productivas y un incremento de las inversiones especulativas. Si nos fijamos en la evolución económica de los países occidentales de los últimos diez años nos encontramos principalmente con esto, un aumento de la inversión especulativa, especialmente en los mercados financieros.

6.2. ¿Existen ondas largas?

Aún con sigmoideas generalizadas es difícil modelizar las ondas largas, y aún más su encadenamiento, no obstante una significativa aportación en esta línea puede verse en el trabajo de Fatás. F, et al (2012), que se resume brevemente a continuación. Los autores parten de la siguiente función de producción:

$$q\ (t) = \eta\ (t)\ k\ (t)$$

donde k es el capital y η representa la productividad media del capital. Denominando a(t) a la productividad del trabajo, el nivel de empleo vendrá dado por el cociente entre la producción y la productividad del trabajo a(t):

$$l\ (t) = \frac{q\ (t)}{a\ (t)}$$

El modelo hace el supuesto que la oferta de trabajo crece a una tasa constante β y que los salarios reales, w(t), siguen la dinámica de la curva de Phillips; $\dot{w}/w = -\gamma + pv(t)$, siendo v(t) un indicador de la tasa de empleo. También asumen que las empresas dedican una proporción π de los beneficios a rentas del capital, una proporción θ a inversión en capital y el resto es dedicado a I+D. Finalmente, el crecimiento de la productividad está relacionado directamente con la sustitución gradual de capital antiguo por capital nuevo. Hay otros parámetros que también son importantes definir. u(t) representa la proporción de salario con respecto a la producción nacional, α(t) se define como la tasa de crecimiento de la productividad media del trabajo, m(t) como la tasa de crecimiento de la productividad media del capital y δ como la tasa de depreciación. Así, el modelo está regido por un sistema de ecuaciones diferenciales de las variables: v(t), u(t), k(t), η(t) y a(t).

$$\dot{v}(t) = [m(t) - \alpha(t) - \beta - \delta + \theta\eta(t)[1 - u(t)]]v(t)$$

$$\dot{u}(t) = [\rho v(t) - \alpha(t) - \gamma]u(t)$$

$$\dot{k}(t) = \theta[1 - u(t)]\eta(t)k(t) - \delta k(t)$$

$$\dot{\eta}(t) = \lambda_0 \frac{k_{-1}(T_0)e^{\delta/h}e^{-\delta[t-T_0+\frac{1}{h}e^{-h(t-T_0)}]}}{k(t)}[\theta[1 - u(t)]\eta(t) - \delta e^{-h(t-T_0)}]$$

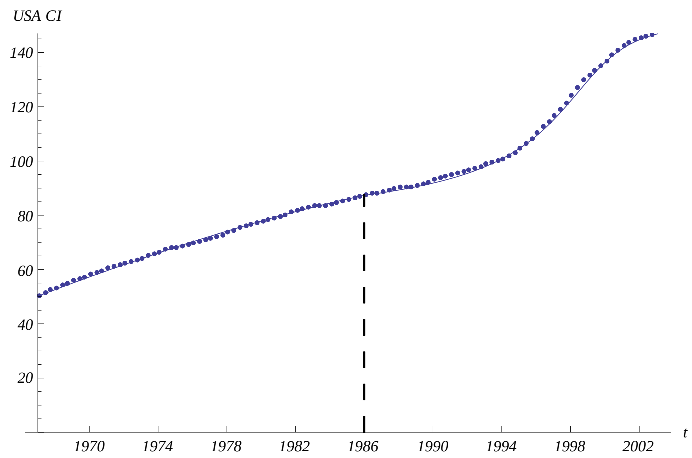
$$\dot{a}(t) = \frac{\mu_0 \frac{n_{-1}}{a_{-1}} k_{-1}(T_0) e^{\delta/h} e^{-\delta\left[t - T_0 + \frac{1}{h} e^{-h(t-T_0)}\right]}}{\eta(t)k(t) + \mu_0 \frac{n_{-1}}{a_{-1}} k_{-1}(T_0) e^{\delta/h} e^{-\delta\left[t - T_0 + \frac{1}{h} e^{-h(t-T_0)}\right]}} \times \left[m(t) + \theta[1 - u(t)]\eta(t) - \delta e^{-h(t-T_0)}\right] a(t)$$

Fuente: Fatás. F, et al (2012), pp. 216.

Una conclusión importante del modelo es que no hay equilibrio estacionario, hay cambio permanente como defiende Schumpeter. El modelo muestra también una sucesión de ciclos cortos, probando la relación que se establece entre los ciclos cortos y las curvas de onda larga. Finalmente el modelo revela algunas de las características de los procesos de transición entre ondas, así como la variabilidad de su duración y la irregularidad de su evolución (la forma sigmoidea puede casi desaparecer). Los ciclos largos van evolucionando a medida que la productividad crece y esto afecta a los ciclos cortos de cada una de las variables económicas. Además, las ondas largas también oscilan, debido a la influencia de los ciclos cortos.

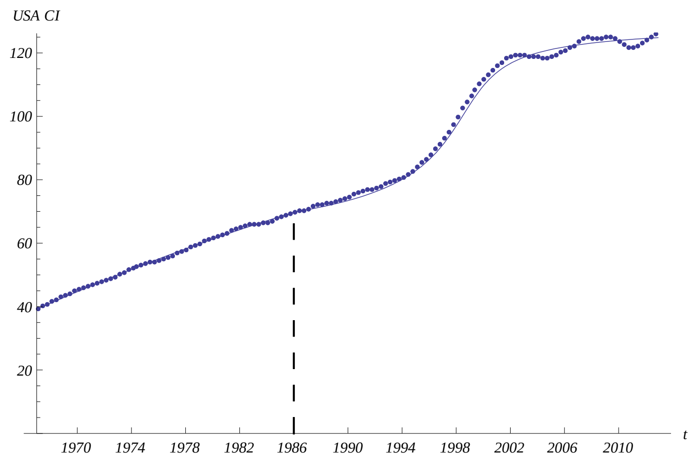
En la misma línea, un excelente estudio empírico relacionado con el tema de los ciclos puede encontrase en Gloria Jarne, et al. 2007. En el artículo se estudia la capacidad de producción de varios sectores dentro de la economía de EE.UU. y encuentran que la dinámica que sigue esta variable en el periodo 1970-2002 es ajustable a través de ondas largas. En concreto concluyen que en esos años se da el final de una onda larga hasta finales de los años 70, y que a partir de ese momento se produce una onda nueva, tal y como se puede ver en las siguientes representaciones:

Gráfico 3: Ajuste del índice de capacidad industrial total de la economía USA de 1967 a 2003



Fuente: Gloria Jarne, et al. 2007.

Gráfico 4: Ajuste del índice de capacidad industrial total de la economía USA de 1967 a 2013



Fuente: Revisión Gloria Jarne, et al. 2007.

Esto es también coherente con recientes resultados sobre el comportamiento económico en el largo plazo. Es más, algunos economistas interpretan la crisis actual como fruto de la recesión y depresión de una quinta onda que comenzó hace unos 30 años. Ver Korotayev y Tsirel (2010), que presentan la siguiente distribución de ondas largas, como resultado de su análisis espectral.

Tabla 3: distribución de ondas largas en la economía mundial.

Long wave number	Long wave phase	Date of beginning	Dates of the end
One	Upswing	End of the 1780s - beginning of the 1790s	1810-1817
	Downswing	1810-1817	1844-1851
Two	Upswing	1844-1851	1879-1875
	Downswing	1879-1875	1890-1896
Three	Upswing	1890-1896	1914-1928/29
	Downswing	1914-1928/29	1939-1950
Four	Upswing	1939-1950	1968-1974
	Downswing	1968-1974	1984-1991
Five	Upswing	1984-1991	2008-2010?
	Downswing	2008-2010?	?

Fuente: Korotayev y Tsirel (2010)

7. Visión evolutiva del crecimiento

A lo largo de todo el trabajo nos vamos a mantener en el marco input-output, dentro del cual veremos la evolución de la economía española y explicaremos su dinámica irregular y cíclica. No obstante, no hay que olvidar otras líneas teóricas que nos han servido de referencia y motivación. Acabamos de comentar la visión Schumpeteriana, veamos ahora algunas características de las visiones evolutivas del crecimiento económico.

Aunque la corriente evolutiva tiene uno de sus pilares en las ideas de Schumpeter, su aportación es mucho más amplia y ha supuesto un salto decisivo en la concepción del crecimiento económico por la incorporación del tiempo, de las instituciones y de la racionalidad limitada. Los trabajos de Metcalfe, Nelson, Dosi, Malerba, entre otros, han contribuido a ello.

Siguiendo a Metcalfe, S. J, et al (2010), las teorías evolutivas intentan responder a preguntas de este tipo: ¿cómo genera riqueza el conocimiento?, ¿en qué marco social ocurre?, ¿cómo actúan los agentes? Los autores asociados con ella van a apostar por un desarrollo que compatibilice explicaciones agregadas del crecimiento económico con explicaciones a nivel micro y con una visión amplia del marco económico y social. Para ellos, lo que, realmente, debe ser explicado son las tasas de crecimiento heterogéneas que puede haber en una economía, las interacciones entre ellas y la diversidad de agentes, y esto va a ser lo que nos lleve al desarrollo y al cambio estructural.

Como ya hemos dicho, el eje central de la teoría evolutiva es una visión global del crecimiento y del conocimiento. Por tanto, da gran relevancia a las instituciones, dado que estas son las que en última instancia van a crear un entorno que favorezca la educación y una mayor difusión de los conocimientos, así como las que van a regular socialmente el proceso. El conocimiento es muy importante en la medida en que es uno de los determinantes principales de los niveles de innovación existentes en una economía. Según la teoría evolutiva del crecimiento, lo que va a generar desarrollo económico es la innovación tecnológica, no sólo el conocimiento o capacidad, idea muy próxima a la visión schumpeteriana.

La corriente evolutiva tiene una visión de la economía totalmente dinámica, con cambio permanente y racionalidad limitada, visión que aplican al cambio tecnológico. La tecnología debe ser entendida como la unión independiente de sus distintos enfoques; la tecnología como una receta, como un sistema de información, como una rutina o como un artefacto. Consideran los avances tecnológicos como un “proceso evolutivo”, incluso en ocasiones lo conciben casi como una nutación biológica (ver Dosi. D, et al. 2009), algo que ocurre de manera casi espontánea en un marco social. Para los autores evolutivos la tecnología va a depender de un paradigma social y científico, que es el marco conceptual que predomina en cada instante del tiempo, y que incluye aspectos como los problemas más importantes a los que es necesario dar una respuesta, o las necesidades y valoraciones de los consumidores. Los paradigmas tecnológicos definen lo que llaman trayectoria tecnológica, esto es la vía de mejora continua y su ritmo en función de los requerimientos de la demanda. Los evolutivos distinguen entre innovaciones normales o graduales, que son las que se asocian con la trayectoria y son esperables, e innovaciones radicales, que aparecen como consecuencia de cambios en los paradigmas y que son muy inciertas. Los progresos tecnológicos lo que hacen es aprovechar las oportunidades que ofrecen los paradigmas con la intención de obtener un beneficio económico. Para los evolutivos la innovación tecnológica es cara y, exige un esfuerzo social, por ello dependen en buena medida de cómo el propio cuerpo social motive la innovación. Sin duda, el deseo por parte de los innovadores de tener beneficios extraordinarios es uno de los motores principales.

Llegados a este punto debemos aclarar las diferencias entre invención, innovación y difusión, que son muy importantes para los economistas evolutivos. La invención se pude definir como “el desarrollo original de algunos procesos de producción o producto”, mientras que la innovación sería la introducción de un invento en el mercado y su posterior explotación económica. La difusión, que es clave en la visión evolutiva, se describe como la asimilación de la innovación por parte de compradores y competidores. La difusión es un proceso que requiere de tiempo, varía ampliamente entre las tecnologías y los países, y si es exitosa suele tomar la forma sigmoidea. Para los evolucionistas las invenciones son necesarias pero “a priori” son socialmente irrelevantes, sólo cuando se transforman en innovaciones adquieren valor social que va a depender en gran medida del tipo de conocimiento, del tiempo y lugar y de las oportunidades de mercado.

De lo dicho se puede ver claramente que en esta teoría las empresas juegan un papel primordial, son los agentes ofertantes y en buena medida los innovadores. Las empresas están sumergidas en un proceso en el que compiten entre sí, en base a los productos y servicios que ellos ofrecen y que son demandados en mayor o menor medida, con unas empresas en crecimiento, otras decreciendo y otras llegando a la bancarrota. Para los seguidores de esta corriente, las empresas se caracterizan sobre todo por tres elementos: la productividad, la elasticidad renta de sus demandas y las funciones de progreso tecnológico. Estas diferencias van a favorecer o perjudicar a unas empresas frente a otras dentro del proceso de competencia. Por otra parte, la inversión que realizan es importante porque favorece el crecimiento por tres vías complementarias: expande la productividad, genera demanda agregada y genera nuevo conocimiento, que es estimulador del crecimiento de la productividad, siendo en buena medida, la teoría evolutiva del crecimiento "una teoría dependiente de los determinantes y consecuencias de la actividad de inversión" (ver Metcalfe. J, et al, 2010).

La teoría evolutiva asume también que no hay equilibrio estacionario y que éste tampoco tiene mucho sentido. Asumen igualmente racionalidad limitada, por ejemplo, las rutinas de las empresas son criterios básicos de actuación. Cada empresa tiene unas condiciones y unas características diferentes, y las capacidades organizacionales de cada una de las empresas van cambiando a través de un proceso dinámico basado en la estrategia y en el aprendizaje. Esto conecta con otra idea esencial de esta línea de pensamiento, existe un proceso permanente de cambio y aprendizaje.

Finalmente, es interesante indicar cuáles son las diferencias más significativas entre la corriente evolutiva y las teorías de equilibrio general. En primer lugar, la teoría evolutiva no considera la existencia de un agente representativo, más aún, si se rechaza la diversidad de comportamiento según esta teoría no se puede operar, ya que el crecimiento es causado por la ausencia de un patrón de comportamiento único y la competencia entre los diversos agentes. En segundo lugar, en la línea evolutiva adquiere relevancia la competencia entre empresas, pero no asumen competencia perfecta. La competencia en esta corriente debe ser entendida como un resultado emergente de un contexto institucional donde se juntan el progreso técnico y difusión de las ganancias del producto a través de la reducción de los precios. Otra diferencia relevante es que no se hace una distinción entre el factor sustitución dentro de una tecnología y el cambio técnico, dado que ambos aspectos están relacionados. Esto puede ser debido a que la teoría evolutiva no asume la función de producción neoclásica o porque el razonamiento no se hace en términos agregados del conocimiento. Finalmente, también surgen diferencias con respecto al papel de las instituciones. En las teorías neoclásicas la actuación del Estado se justifica por la existencia de fallos de mercado, pero en la teoría evolutiva el Estado y las instituciones son el marco y nicho del proceso económico, no sólo su guardián (ver Nelson. R, 2007). Además, los neoclásicos ven las instituciones como algo que constante y estable y que se dedica a maximizar el comportamiento económico de los agentes, mientras para los evolucionistas las instituciones están en permanente desarrollo y son una parte esencial del propio crecimiento.

8. Un caso aplicado

En este apartado vamos a presentar los resultados obtenidos de la aplicación del procedimiento de descomposición estructural, el cual, como ya hemos visto, tiene como punto de partida una tabla input-output. Para ello, primero vamos a aportar evidencia de que la crisis actual puede ser considerada como la parte recesiva de un ciclo más largo que comenzaría entorno a los años 80, mostrando datos del valor añadido y de la productividad total de los factores. Posteriormente, se analiza el seguimiento de esta onda larga, centrándonos sobre todo en el efecto tecnológico, los efectos de los salarios, del trabajo, del capital y en el efecto sustitución. Además, también nos fijaremos en el efecto escala, diferencia entre el efecto demanda y el efecto tecnológico. Todo esto está explicado en mayor profundidad en el apartado cinco.

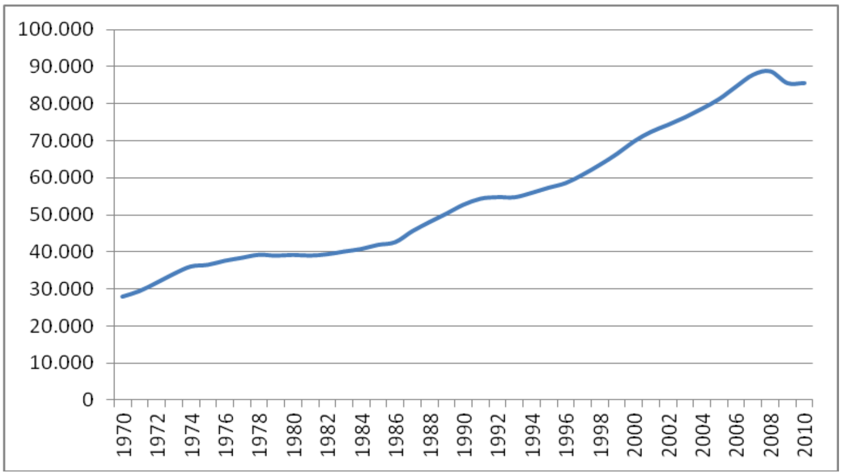
Los datos sobre valor añadido, empleo y producción a valores constantes de 1995 se han obtenido de EUKLEMS. Para estimar la descomposición obtenida en (11) se han utilizado las 28 tablas input-output obtenidas de Duarte. R, et al, 2010, actualizadas con la información más reciente de EUKLEMS sobre valor añadido. Estas tablas contenían información de veinticinco sectores, por lo tanto, para hacer más manejables las tablas se ha reducido el número de sectores a ocho; sector primario (PS), sector energético (ES), sector de media y alta tecnología (HT-MHT), sector de media y baja tecnología (MLT), sector de tecnología baja (LT), construcción (C), sector servicios de alta tecnología (HTS) y resto de servicios (RS). La agrupación hecha permite además centrarnos en los aspectos tecnológicos, en que estamos interesados. Se han obtenido 28 estimaciones para el valor añadido y 27 para cada uno de los efectos antes comentados.

8.1 Una onda larga en la economía española

Con esta crisis se ha puesto de manifiesto que los economistas tenemos mucho que hacer para entender el funcionamiento de muchos aspectos de la economía, como pueden ser los ciclos. De manera generalizada se ha señalado como motivo de la crisis actual los desequilibrios del mercado financiero. Pero hay otros autores, como Korotayev y Tsirel (2010), que hablan de esta crisis como la fase contractiva de una onda que comenzó aproximadamente en los años 80. Centrándonos en la economía española, los datos parecen respaldar esta idea.

Veamos primero la evolución del valor añadido de la economía española desde 1970 hasta el año 2010.

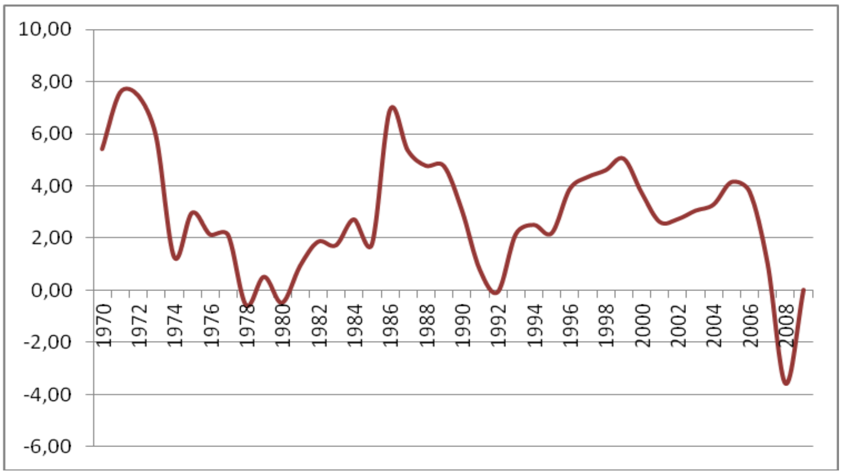
Gráfico 5: valor añadido, 1970-2010



Fuente: elaboración propia a partir de EUKLEMS.

Este gráfico parece reflejar el final de una onda larga a lo largo de los años 70 y el comienzo de otra entorno a 1980, cuya fase contractiva comienza alrededor del año 2006. Esto lo podemos entender mejor observando la evolución de la tasa de variación del valor añadido entre 1970 y 2010.

Gráfico 6: tasa de variación del valor añadido (%), 1970-2010.

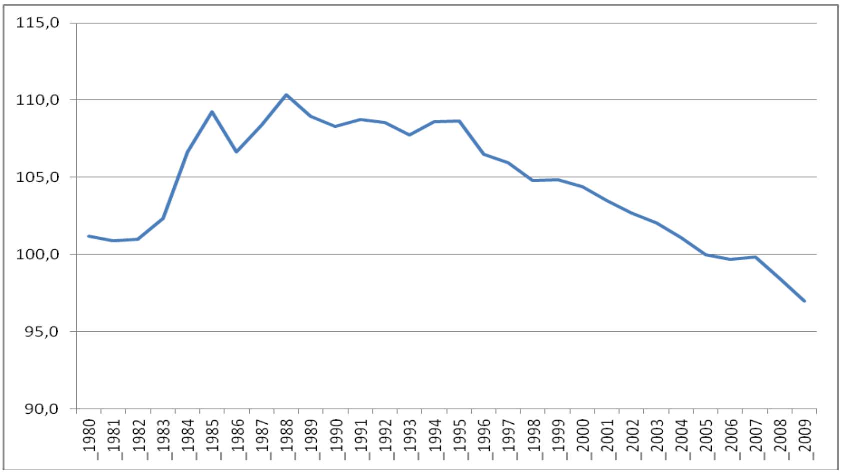


Fuente: elaboración propia a partir de los datos de EUKLEMS.

Se observa una clara desaceleración del ritmo de crecimiento del valor añadido desde el año 1970, desaceleración que se mantiene hasta el año 1980, a partir del cual vuelve a aumentar la tasa de crecimiento del valor añadido. En 1986 se alcanza un máximo, volviéndonos a encontrar con una desaceleración del ritmo de crecimiento que finaliza en el año 1992, cuando comienza una sueva senda de aceleración del crecimiento. Desde el año 2006 se percibe una gran caída de las tasas de variación, llegando en 2008 a una tasa de variación negativa. Así, nos encontramos con tres ciclos cortos de tipo Jutglar. El primero pertenecería a la primera onda larga, mientras los otros dos ciclos formarían parte de la siguiente onda que comienza en 1980. Así, según la evidencia, nos encontraríamos ahora dentro ya del periodo de caída de la productividad (notar que las ondas largas suelen tener cinco ciclos Jutglar por onda).

Todo lo aquí señalado se ve reforzado con la evolución seguida por la productividad total de los factores, que de aquí en adelante denotaremos como PTF.

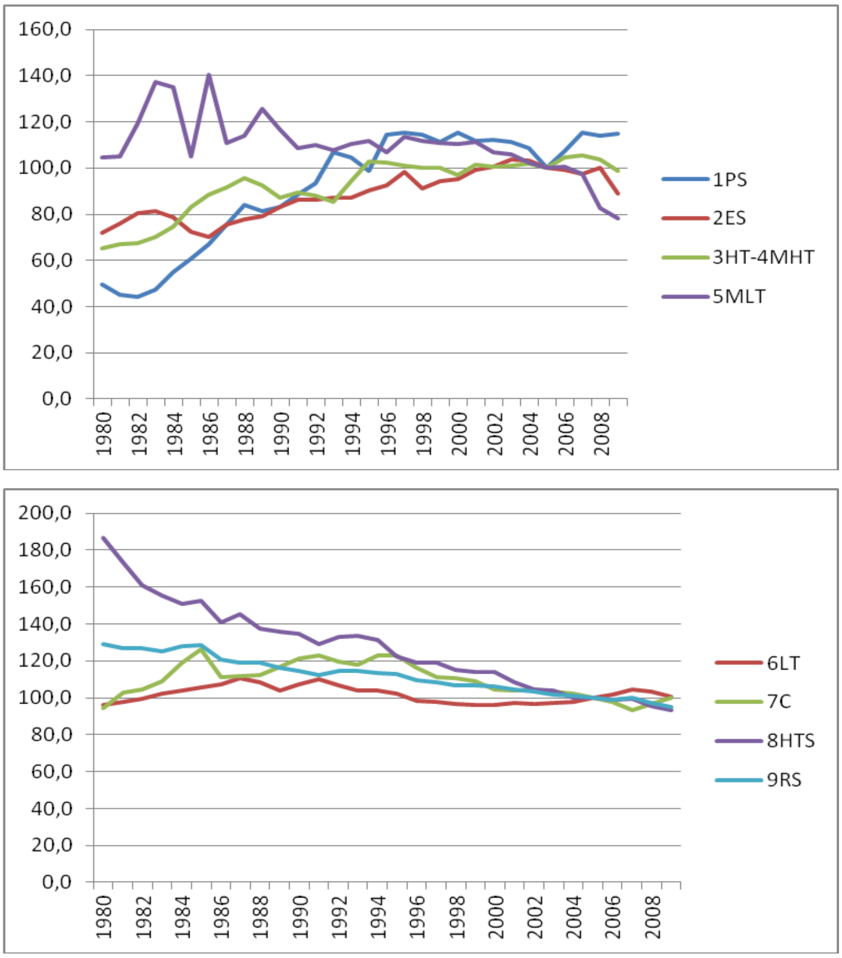
Gráfico 7: productividad total de los factores en España, 1980-2009



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de EUKLEMS.

La PTF comienza a crecer en 1981 y alcanza su máximo en el año 1988. Se mantiene en niveles altos durante casi una década, momento que supone el comienzo de una caída continuada de la PTF, de forma que en el año 2004 se alcanzan los niveles de 1980. Podemos decir que el comportamiento que sigue la PTF encaja con el final de una onda larga. Además, este comportamiento, como puede verse en los dos gráficos siguientes, afecta a todos los sectores, cuyas PTF se estancan o disminuyen a partir de 1995.

Gráfico 8: PTF por sectores, 1980-2009



Fuente: elaboración propia a partir de datos de EUKLEMS.

Cada sector tiene una dinámica propia pero no es, por ello, anulada la conclusión a la que anteriormente hemos llegado. La PTF en el sector primario comienza a crecer en los primeros años de la década de los 80, crecimiento que dura hasta el año 1996. Desde ese momento hasta hoy se ha mantenido constante, lo que puede explicar el porqué este sector se comporta mejor que otros durante las crisis económicas.

La PTF del sector energético experimenta un moderado y continuo crecimiento hasta el año 2004, cuando comienza a caer ligeramente hasta el año 2009 (último año del que se tienen datos). No obstante, los resultados más interesantes corresponden a los sectores más tecnológicos. El sector de alta y media tecnología crece hasta inicios del siglo XXI, manteniéndose constante en los años que siguen. Es decir, actúa como fuente de modernización en el largo plazo, aunque este sector tenga poca relevancia en el conjunto de la economía española. Mientras, el sector de media y baja tecnología, que tiene un mayor peso en nuestro país, se mantiene constante durante la década de los 90 y de los 80 y disminuye a lo largo de todo el periodo del siglo XXI. De forma parecida se comporta el sector de tecnología baja, aunque la caída es menos acusada y parece mejorar en los últimos años.

Finalmente, en los tres sectores más relevantes en la economía española la PTF disminuye durante la última década. En el sector de la construcción disminuye desde el año 1996, mientras en el sector servicios de alta tecnología y restos de servicios la caída es continua desde comienzos del periodo analizado.

8.2. Análisis sectorial del crecimiento español de 1980 al 2007

Una vez visto que la crisis actual puede estar unida a un onda larga que habría comenzado en 1980 vamos a analizar que hay detrás del crecimiento de la economía española. La metodología seguida para la realización de los cálculos puede verse en el apartado 5.

Valor añadido por sectores

Como ya hemos dicho, desde 1980 nos encontramos con dos ciclos cortos, siendo el punto de inflexión la crisis de 1992. El máximo del primer ciclo lo encontramos en 1986, cuando se alcanza una tasa de crecimiento de 6,63%. A partir de ese año se desacelera el ritmo de crecimiento hasta que en 1992 se llega a un crecimiento prácticamente nulo (0,22%). Aquí comienza un nuevo ciclo que dura hasta el final del periodo analizado. El máximo crecimiento en este ciclo se localiza en el año 1999, con una tasa de crecimiento del 5,08%. Notar que el crecimiento máximo del primer ciclo es mayor que en el segundo. Desde 1999 se mantienen unos niveles altos de crecimiento pero inferiores a los de 1999 y 1986, lo que puede explicarse por el efecto del sector de la construcción. En el año 2008, con la explosión de la burbuja inmobiliaria se llega a un crecimiento negativo, tal y como puede verse en el gráfico 4. Tras ver la evolución seguida por el valor añadido español, veamos cómo ha contribuido cada sector a su comportamiento.

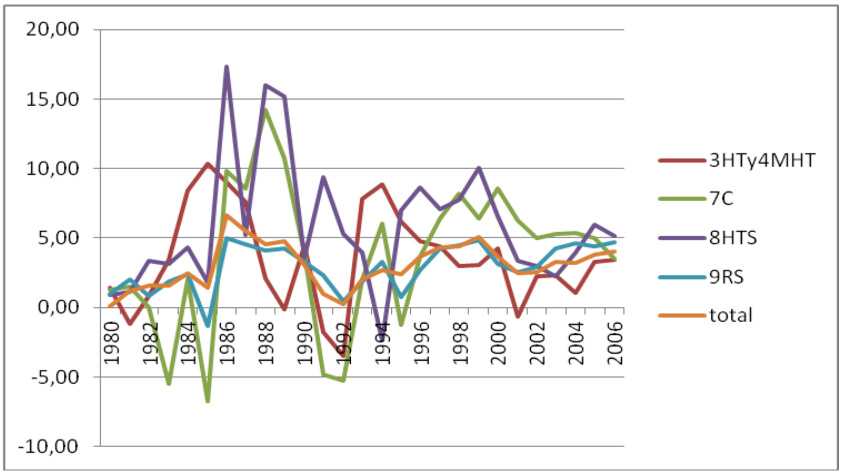
En la tabla 3 se recoge la contribución al crecimiento del valor añadido de cada uno de los sectores. Lo más destacado es la pérdida de peso del sector primario, cuya contribución llega a ser negativa en el periodo 2000-2007. En sentido contrario evolucionan el sector de la construcción y el sector servicios. El sector de la construcción ha pasado a representar un 0,02% en el periodo 1980-1986 a tener una contribución de 0,48% en el periodo 2000-2007. Así, en media los sectores más relevantes de la economía española son resto de servicios, servicios de alta tecnología, alta y media-alta tecnología y el sector de la construcción, cuya contribución al crecimiento en media de todo el periodo es 1,63%, 0,43%, 0,20% y 0,29% respectivamente.

Tabla 3: Contribución de los sectores al crecimiento del VA

	1PS	2ES	3HTy4MHT	5MLT	6LT	7C	8HTS	9RS	Total
Media 1980-1986	0,23	0,13	0,23	0,07	0,17	0,02	0,24	0,97	2,05
Media 1987-1992	0,18	0,10	0,04	0,02	0,18	0,32	0,58	1,76	3,18
Media 1993-1999	0,05	0,10	0,39	0,27	0,11	0,34	0,51	1,74	3,51
Media 2000-2007	-0,04	0,10	0,11	0,12	0,00	0,48	0,42	2,09	3,29
Media 1980-2007	0,10	0,11	0,20	0,12	0,11	0,29	0,43	1,63	3,00

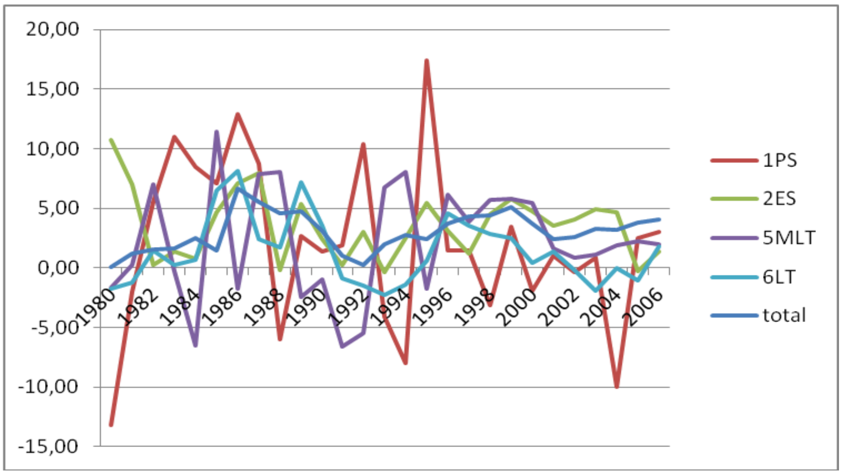
En los dos gráficos que siguen vemos el cambio porcentual del valor añadido dentro de cada uno de los sectores.

Gráfico 9: Cambio del valor añadido por sectores, 1980-2006



Todos los sectores siguen una pauta cíclica, aunque cada uno tiene una dinámica particular. Podemos empezar destacando el papel procíclico de resto de servicios, el sector más importante de la economía española. Su tasa de crecimiento en los dos periodos expansivos es menor, 1,69% y 3,16% respectivamente, que en los dos periodos contractivos, 3,17% y 3,79% respectivamente. Mientras el sector de alta y media tecnología sigue una pauta claramente cíclica, siendo la tasa de crecimiento de los periodos expansivos el doble que la de los periodos recesivos.

Gráfico 9(cont): Cambio del valor añadido por sectores, 1980-2006



También es relevante la tendencia de caída del crecimiento del sector agrícola y la tendencia positiva del sector de la construcción. Finalmente, los altos niveles de crecimiento experimentados por los sectores más tecnológicos, el sector de alta y media tecnología ha crecido en media más del 3%, media de la economía, y el sector servicios de alta tecnología cerca un 6%, reflejan que el crecimiento de la economía española a lo largo de todo el periodo ha sido en buena medida motivado por el impulso y expansión de la onda tecnológica.

Efecto tecnológico y efecto escala

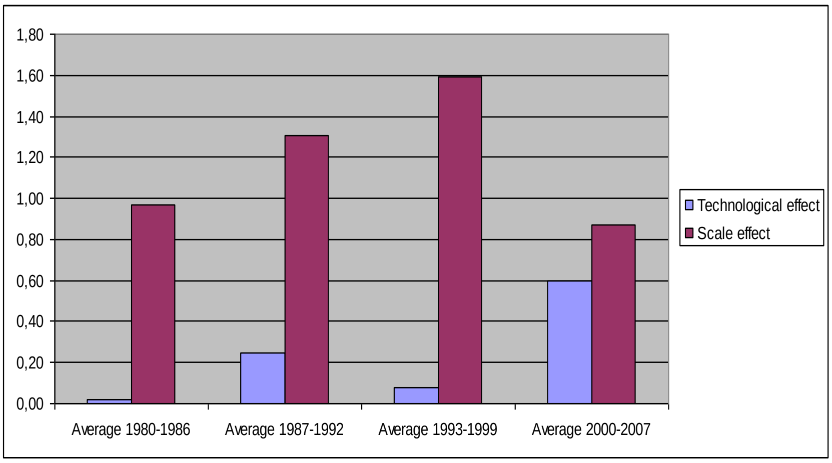
Tras analizar la evolución del VA y la aportación al crecimiento de cada sector pasamos a presentar los valores que toman a lo largo de todo el periodo los efectos anteriormente comentados.

Tabla 4: Cambios del VA y sus componentes en porcentaje del output del sector

		SP	SE	AT&MAT	MBT	BT	C	SAT	RS	Total
Cambio del VA	*Media 1980-2007*	*1,16*	*1,63*	*0,95*	*0,66*	*0,38*	*1,29*	*3,39*	*1,80*	*1,41*
	1980-86	2,50	2,00	1,20	0,31	0,56	0,10	2,72	1,08	0,99
	1987-92	1,97	1,45	0,16	-0,01	0,59	1,66	5,45	2,01	1,55
	1993-99	0,76	1,56	1,86	1,62	0,40	1,59	3,45	1,93	1,67
	2000-07	-0,49	1,49	0,48	0,61	0,01	1,86	2,23	2,20	1,47
Efecto demanda	*Media 1980-2007*	*1,52*	*0,40*	*1,01*	*1,15*	*0,41*	*1,15*	*1,88*	*1,93*	*1,41*
	1980-86	1,79	-1,08	0,64	1,43	0,53	0,20	1,01	1,34	0,99
	1987-92	1,62	2,28	0,64	0,64	0,74	1,91	1,53	2,10	1,55
	1993-99	1,98	0,43	1,98	1,67	0,11	0,92	3,28	2,12	1,67
	2000-07	0,69	0,24	0,72	0,79	0,30	1,70	1,64	2,20	1,47
Efecto tecnológico	*Media e 1980-2007*	*-0,48*	*1,15*	*0,10*	*-0,43*	*0,10*	*0,25*	*1,91*	*0,27*	*0,24*
	1980-86	0,52	2,74	0,39	-1,89	-0,14	-0,08	1,87	0,13	0,02
	1987-92	0,31	-1,31	-0,46	-1,11	0,18	0,27	3,82	0,38	0,24
	1993-99	-1,46	0,85	0,42	0,57	0,29	0,35	0,87	-0,26	0,08
	2000-07	-1,19	1,97	-0,04	0,59	0,07	0,48	1,34	0,85	0,60
Efecto escala	*Media e 1980-2007*	*2,00*	*-0,75*	*0,92*	*1,59*	*0,31*	*0,90*	*-0,03*	*1,66*	*1,18*
	1980-86	1,27	-3,82	0,26	3,32	0,68	0,27	-0,86	1,21	0,97
	1987-92	1,31	3,59	1,10	1,75	0,56	1,64	-2,28	1,71	1,31
	1993-99	3,44	-0,41	1,57	1,10	-0,18	0,57	2,41	2,37	1,59
	2000-07	1,88	-1,73	0,77	0,20	0,23	1,22	0,30	1,35	0,87
Efecto sustitución	*Media 1980-2007*	*-0,70*	*0,76*	*-0,05*	*-0,65*	*-0,15*	*0,00*	*1,52*	*0,05*	*0,00*
	1980-86	0,58	3,32	0,37	-1,79	-0,17	-0,16	1,61	0,05	0,00
	1987-92	-0,15	-1,53	-0,59	-1,35	0,02	0,13	3,23	0,12	0,00
	1993-99	-0,96	0,88	0,48	0,50	-0,10	-0,21	1,42	-0,29	0,00
	2000-07	-2,17	0,04	-0,51	-0,06	-0,32	0,27	0,05	0,33	0,00
Efecto salario	*Media 1980-2007*	*0,45*	*0,20*	*0,52*	*0,31*	*0,31*	*0,05*	*0,47*	*-0,03*	*0,17*
	1980-86	0,91	-0,21	0,80	0,56	0,21	0,08	-0,12	-0,23	0,11
	1987-92	1,64	0,63	0,78	0,82	0,96	0,52	0,06	0,42	0,63
	1993-99	-0,60	0,76	0,44	-0,06	0,13	0,03	2,42	-0,17	0,14
	2000-07	0,03	-0,30	0,09	-0,01	0,05	-0,36	-0,55	-0,08	-0,12
Efecto trabajo	*Media 1980-2007*	*-0,42*	*-0,58*	*-0,59*	*-0,29*	*-0,27*	*-0,18*	*-0,12*	*-0,19*	*-0,27*
	1980-86	-0,79	-0,68	-0,87	-0,14	-0,40	-0,72	0,21	-0,18	-0,35
	1987-92	-1,41	-0,68	-0,20	0,01	-0,49	-0,45	0,21	-0,32	-0,36
	1993-99	0,09	-0,62	-0,97	-0,59	0,06	0,53	-0,58	0,16	-0,06
	2000-07	0,30	-0,34	-0,25	-0,40	-0,29	-0,12	-0,26	-0,42	-0,30
Efecto coste del trabajo	*Media e 1980-2007*	*0,04*	*-0,38*	*-0,09*	*0,01*	*0,05*	*-0,13*	*0,32*	*-0,23*	*-0,10*
	1980-86	0,11	-0,89	-0,08	0,42	-0,19	-0,64	0,09	-0,41	-0,25
	1987-92	0,24	-0,05	0,58	0,83	0,46	0,07	0,28	0,10	0,27
	1993-99	-0,50	0,14	-0,53	-0,64	0,19	0,56	1,84	-0,01	0,08
	2000-07	0,36	-0,66	-0,24	-0,43	-0,19	-0,49	-0,92	-0,56	-0,45
Efecto capital	*Media 1980-2007*	*0,10*	*0,26*	*-0,09*	*-0,12*	*-0,16*	*0,04*	*-0,80*	*-0,15*	*-0,13*
	1980-86	0,07	1,10	0,23	0,38	0,35	0,70	-0,29	0,02	0,22
	1987-92	-0,13	0,11	-0,73	-0,62	-0,72	-0,47	-0,43	-0,49	-0,51
	1993-99	0,69	-0,01	0,01	0,02	-0,18	-0,30	-2,58	0,11	-0,16
	2000-07	-0,25	-0,19	0,04	-0,32	-0,17	0,16	0,16	-0,29	-0,15
Efecto fabricación	*Media 1980-2007*	*0,15*	*-0,12*	*-0,18*	*-0,10*	*-0,11*	*-0,09*	*-0,48*	*-0,38*	*-0,24*
	1980-86	0,18	0,21	0,15	0,80	0,16	0,05	-0,20	-0,39	-0,02
	1987-92	0,11	0,07	-0,14	0,21	-0,26	-0,40	-0,15	-0,39	-0,24
	1993-99	0,18	0,12	-0,52	-0,63	0,01	0,26	-0,74	0,10	-0,08
	2000-07	0,11	-0,86	-0,19	-0,75	-0,36	-0,32	-0,76	-0,85	-0,60

Empezamos con el efecto tecnológico y el efecto escala, que podemos ver en el gráfico 10 y en la tabla 4.

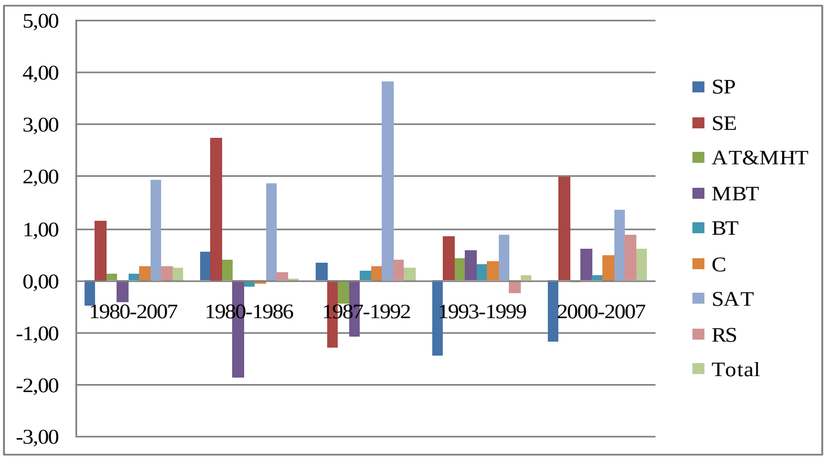
Gráfico 10: Efecto tecnológico y efecto escala como % del producto bruto



Con este gráfico pretendemos hacer una comparación de ambos efectos. Se puede observar que el efecto escala siempre es superior al efecto tecnológico, aunque la mayor diferencia entre ambos efectos se encuentra en el periodo 1993-1999. Esto indica que el crecimiento ha venido dado, a lo largo de todo el periodo analizado, más por el empuje de la demanda que por la nueva tecnología, aunque sin duda ésta haya tenido efecto sobre el crecimiento de la demanda. La situación es mucho más equilibrada en el último subperiodo, 2000-2007.

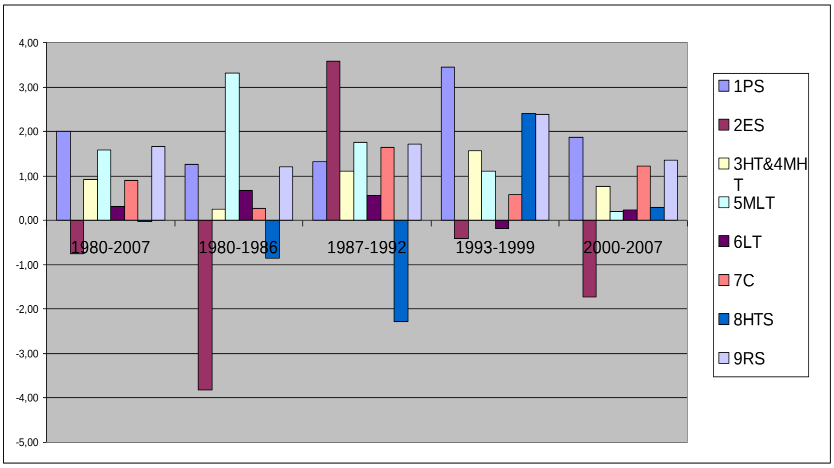
Veamos ahora cómo ha evolucionado el efecto tecnológico y escala en cada uno de los sectores.

Gráfico 11: Efecto tecnológico por sectores



En relación con el efecto tecnológico podemos decir que destacan tres sectores. En primer lugar el sector energético, aunque en este sector el efecto tecnológico experimenta una caída en el periodo de recesión del primer ciclo, la caída se recupera en los dos periodos siguientes, tomando un valor cercano al 2% en el periodo 2000-2007, tal y como se puede ver en la tabla 4. El efecto tecnológico del sector servicios de alta tecnología alcanza niveles más altos en los dos periodos iniciales. En el siguiente periodo el efecto tecnológico es débil, recuperando algo de fuerza en el último periodo, 2000-2007. El sector primario también tiene un comportamiento singular. El efecto tecnológico en dicho sector es cada vez más pequeño, llegando a cifras negativas en los dos últimos periodos analizados. De hecho, en este sector, como en los de media y baja tecnología y en el de resto de servicios, el efecto escala sirve para compensar el efecto tecnológico, que en el mejor de los casos toma valores muy pequeños y cercanos a cero. El periodo el que se encuentra un efecto tecnológico más débil es el periodo 1993-1999, en plena fase de expansión del segundo ciclo de todo periodo analizado.

Gráfico 12: Efecto escala por sectores.

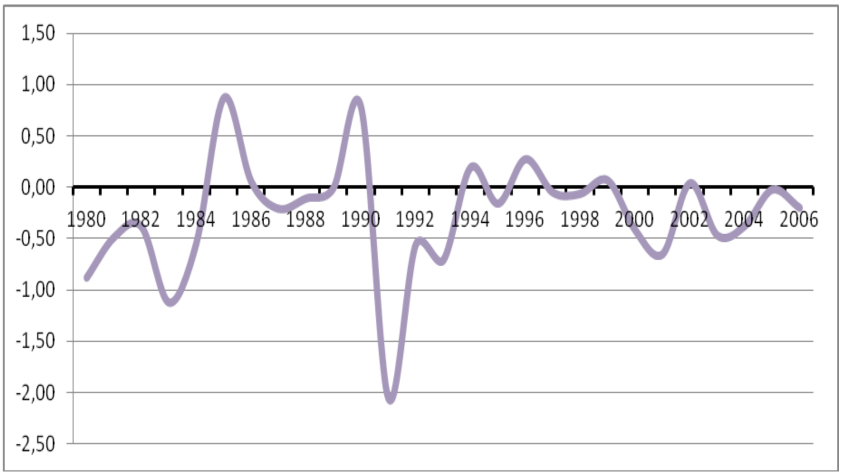


Lo que destaca con respecto al efecto escala es que en el caso de los tres sectores más significativos sigue la evolución contraria a la seguida por el efecto tecnológico. De hecho en media de todo el periodo, el efecto escala del sector energético es negativo al igual que el correspondiente al sector servicios de alta tecnología. En el resto de los casos el efecto escala compensa al efecto tecnológico, especialmente en el sector primario.

Efecto trabajo

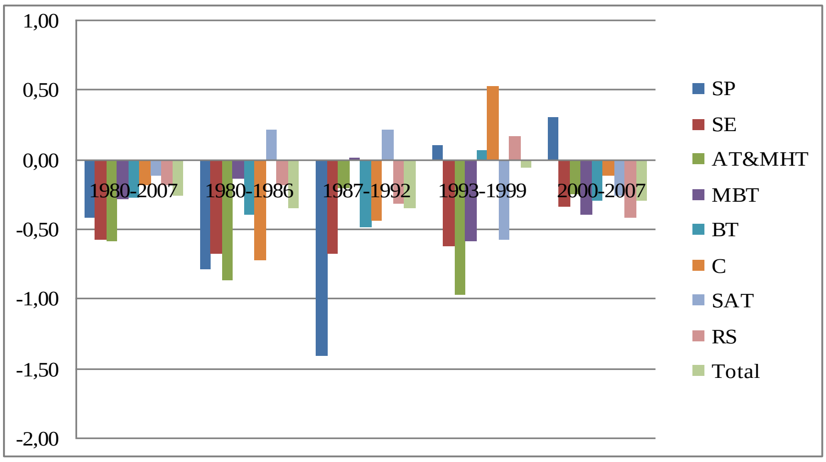
El efecto trabajo puede considerarse como un indicador de la productividad de la economía. Si tiene un valor negativo es síntoma de una menor necesidad de trabajadores y, por tanto, de un aumento de la productividad por trabajador. Veamos su evolución en la economía española.

Gráfico 13: Efecto trabajo, 1980-2007



El periodo comienza con una mejora de la productuvidad. En el año 1991 sí se observa un profundo aumento de la misma, llegando el efecto trabajo a un valor de -2,05, tal y como se puede ver en la tabla 4. No obstante hay años con caídas de la productividad, 1985, 1990, 1994 y 1996, aunque para la media global y por subperiodos nos encontramos siempre con valores negativos para este efecto, revelando una mejora permanente de la productividad del trabajo. Veamos ahora como se comporta el efecto trabajo por sectores:

Gráfico 14: Efecto trabajo por sectores

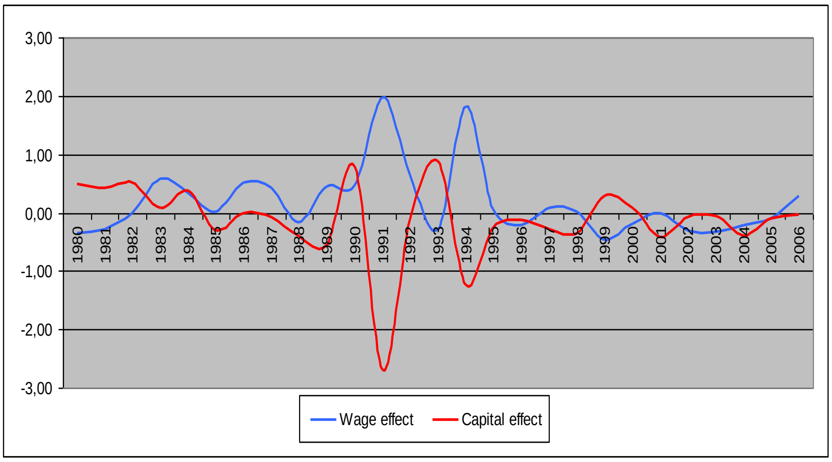


Tal y como se puede ver en el gráfico 14, todos los sectores han mejorado su productividad en el periodo 1980-2007. Los que mayor mejora han experimentado han sido el sector energético, el sector de alta y media tecnología y el sector primario. Mientras, los que menor mejora parecen haber tenido son el sector de la construcción y los sectores de servicios, tanto resto de servicios como servicios de alta tecnología. Esto es significativo ya que son los sectores que más contribuyen al crecimiento de la renta del país los que menores aumentos de productividad experimentan, lo que nos permite hacernos una idea del tipo de crecimiento que se ha seguido en el país.

Efecto salario y efecto capital

Comenzamos viendo cómo han evolucionado el efecto salario y el efecto capital de la economía española a lo largo del periodo analizado.

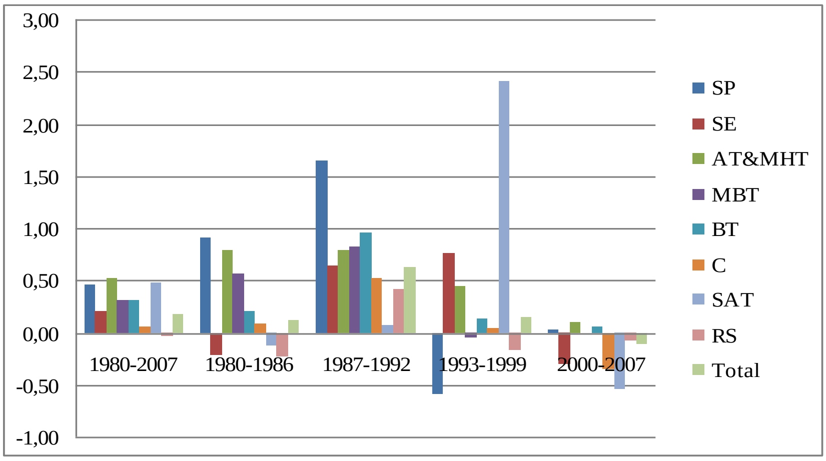
Gráfico 15: Efecto salario y efecto capital



El efecto salario hasta finales de los años 90 se mantiene por encima del efecto capital. El efecto salario alcanza niveles altos en 1991 y 1994 por lo que las ganancias de productividad de esos años se ven anuladas en buena medida por el incremento del coste salarial. En los años posteriores el efecto salario se mantiene en niveles más modestos que en los años anteriores, oscilando entorno al cero. Esto concuerda con la evolución del ciclo. En los años de expansión se producen profundos incrementos de los salarios, los cuales se mantienen, o reducen ligeramente, durante la fase contractiva.

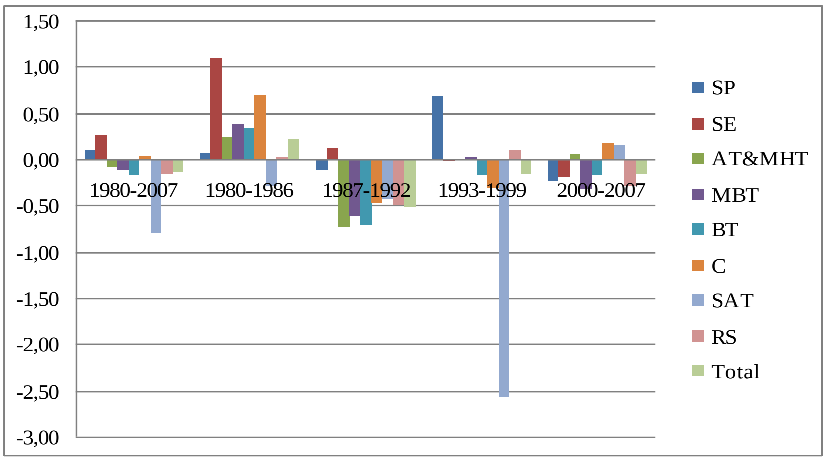
Por lo que respecta al efecto capital, parece experimentar una caída significativa en el año 1991, año en el que se alcanza un valor de -2,69 (ver tabla 4). En general, en la mayor parte de los años, el efecto capital se mantiene en valores cercanos a cero. Podemos ver mejor todo esto analizando los efectos por sectores:

Gráfico 16: Efecto salario por sectores



El efecto salario medio es positivo en todos los sectores, lo que indica que entre 1980-2007 ha habido un incremento de los costes salariales. El efecto salario medio es positivo en la economía en los tres primeros subperiodos, siendo especialmente significativo en el subperíodo 1987-1992. En los últimos años es cuando más débil es el efecto salario, lo que tiene sentido si tenemos en cuenta que nos movemos dentro del marco de una fase contractiva de un ciclo económico. Los sectores en los que se observa un mayor efecto salario, en todo el periodo, son el sector servicios de alta tecnología, el cual alcanza su valor más alto en el periodo 1993-1999 en plena fase expansiva, y el sector de alta y media tecnología, junto con el sector primario.

Gráfico 17: Efecto capital por sectores

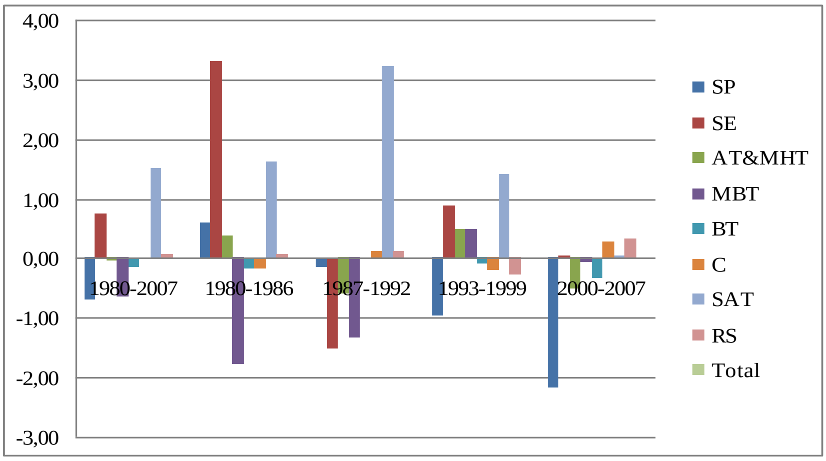


En el periodo 1980-2007 el efecto capital es negativo en cinco de los ocho sectores con lo que trabajamos. El sector primario y el sector eléctrico son los dos sectores donde dicho efecto es mayor y con valor positivo. Los sectores en los que el efecto capital es más reducido y negativo son el sector servicios de alta tecnología, resto de servicios y servicios de baja tecnología. Resulta relevante el caso del sector servicios de alta tecnología. En el periodo 1993-1999 se observa un efecto capital negativo, inferior a -2,50, periodo en el cual se producen grandes aumentos salariales. Por lo tanto, puede decirse que en dicho sector se compensó los incrementos de los salarios con una reducción del gasto en capital. A la luz de todo esto, podríamos decir que crecimiento en España no ha sido liderado por el incremento de la inversión, sino más bien en una reducción del trabajo apoyado en la incorporación de innovaciones que han hecho aumentar la productividad.

Efecto sustitución

El último efecto del que vamos a hablar es el efecto sustitución. Este efecto no refleja cambios en el valor añadido sino que refleja la sustitución de inputs. Veamos como se comporta este efecto en cada uno de los sectores.

Gráfico 18: Efecto sustitución por sectores



El sector primario y los tres sectores industriales son los cuatro sectores que en media de todo el periodo tienen un efecto sustitución negativo, siendo especialmente relevante este efecto en el sector primario y en el sector de media y baja tecnología. Por otra parte, el sector eléctrico y el sector servicios de alta tecnología presentan un efecto sustitución medio positivo y relativamente elevado. Esto indica que en la economía española ha habido un cambio estructural, perdiendo peso la agricultura y la industria y ganando peso el sector servicios y eléctrico.

En el caso del sector primario en la etapa 1980-1986 el efecto sustitución comienza siendo positivo, pero va disminuyendo en cada periodo hasta que en la última etapa llega a una cifra negativa inferior a -2% (ver tabla 4). El sector industrial sigue la evolución contraria. Cuando pierde más peso es en las dos primeras etapas del periodo analizado, teniendo un efecto sustitución cercano a cero en las dos siguientes. No obstante, es importante destacar que el sector industrial que más peso pierde a lo largo de todo el periodo es el de media - baja tecnología, mientras el sector de alta y media - alta tecnología en media no pierde a penas importancia. El sector eléctrico, por su parte, sigue una trayectoria peculiar. Cuando gana más peso es durante los años 1980-1986, en la etapa 1987-1992 llega a tener un efecto sustitución negativo, lo que puede ser explicado por la crisis de 1992. En los años siguientes el efecto sustitución vuelve a ser positivo pero sin alcanzar los valores de la primera etapa. Finalmente, el sector servicios de alta tecnología cuando adquiere un mayor peso es en las dos primeras etapas. En los años siguientes el efecto sustitución es positivo pero con unas cifras más modestas, dado que su etapa de fuerte crecimiento tiene lugar en los años 80 y principios de los 90. Por lo que respecta al sector resto de servicios, el sector que más ha contribuido al crecimiento español, tiene un efecto sustitución pequeño, cercano a cero en todos los años. El sector de la construcción, el otro sector determinante en la economía española, tampoco presenta unas cifras muy significativas, con un efecto sustitución medio prácticamente nulo. También es interesante ver como el sector de alta y media tecnología tiene un efecto sustitución positivo en la etapa expansiva y negativo en la etapa recesiva, siendo esto indicador del carácter cíclico del sector. Finalmente, puede decirse que el efecto sustitución puede ser también un buen reflejo del cambio tecnológico de los sectores, dado el paralelismo entre el gráfico 11 y el 18.

Así, puede concluirse que la economía española ha experimentado un cambio estructural en las tres últimas décadas, perdiendo fuerza la agricultura y la industria y ganando peso la energía y los servicios.

9. Conclusiones

A lo largo de todo el trabajo se ha intentado ofrecer una visión de cómo representar la innovación tecnología dentro del marco input-output, una herramienta que en muchas ocasiones parece quedar en el olvido. Con esta exposición se ha podido ver que las tablas input-output permiten obtener información relevante en relación con la tecnología de los distintos sectores, dada su facilidad para representar la relaciones que se establecen dentro de una economía. Dentro de este marco se integra el procedimiento de descomposición estructural, que es la metodología que posteriormente ha sido usada para obtener información relativa al crecimiento de la economía española en el periodo 1980-2007. También se ha querido relacionar este marco con la teoría del crecimiento de Schumpeter, dado que los datos aportan evidencia de que esta crisis puede formar parte de la fase contractiva de una onda larga que comenzaría en los años 80. Esta será sin duda una línea de investigación futura.

Así, se ha analizado el crecimiento de la economía española desde 1980 hasta 2007, trabajando de forma agregada con ocho sectores y obteniendo como resultado que existen dos ciclos tipo Jutglar cuyo punto de inflexión viene dado por el año 1992. Así, podemos dividir el periodo en cuatro etapas correspondientes a las fases expansivas y contractivas de ambos ciclos; 1980-1986, 1987-1992, 1993-1999 y 2000-2007. A lo largo de todo el periodo predomina el efecto escala sobre el efecto tecnológico, lo que indica que el crecimiento se ha basado de una forma dominante en una expansión de la demanda. Sin embargo, a lo largo de todo el periodo ha habido un aumento constante de la productividad, el cual ha sido muy significativo en el sector industrial y que es la base que ha sustentado el crecimiento y el propio efecto escala, en buena medida por las mejoras salariales. El efecto salario ha sido positivo a lo largo de las cuatro etapas, mientras que el efecto capital toma valores negativos en cinco de los ocho sectores. De esto se puede intuir que el crecimiento ha venido de la mano de innovaciones que han permitido aumentar la productividad y disminuir la cantidad de trabajo. Finalmente, el efecto sustitución refleja un cambio estructural de la economía española mostrando la pérdida de peso del sector primario y de la industria a favor del sector servicios y energético.

10. Bibliografía

- Andréu, J.M. (1988). *Teoría económica superior II, unidad didáctica II*. UNED.

- Díaz Vázquez, R. (2003). *Crecimiento con progreso técnico en el modelo de John Von Neumann.* Documentos de trabajo. Análisis económico. Nº 26, pp. 1-18.

- Dosi, G. /Nelson, R.R. (2009). *Technical Change and Industrial Dynamics as evolutionary processes.* Laboratory of economics and Mangement.

- Duarte, R. / Sánchez Chóliz, J. (2010). *Technological components of income growth: An application to the evolution of the Spanish economy 1980-2007.*

- Duchain, F. (2003). *A World Trade Model Based on Comparative Advantage with m Regions, n Goods, and k Factors.* Rensselaer Working paper in Economics. November 2003.

- Fatás, F. / Jarne, G. / Sánchez Chóliz, J. (2012). *Innovation, cycles and Growth*. Journal of evolutionary economics, nº 22, pp 207-233.

-Jarne, G. / Sánchez, J. / Fatás, F. (2007). *"S-shaped" curves in economic growth. A theoretical contribution and an application*. Evolutionary Institutional Economic Review, nº 3, pp. 239-259.

- Korotayev, A. V/ Tsirel, S. V. (2010): *A Spectral Analysis of World GDP Dynamics: Kondratieff Waves, Kuznets Swings, Juglar and Kitchin Cycles in Global Economic Development, and the 2008–2009 Economic Crisis*. Structure and Dynamics eJournal, nº 4, I 1, pp. 1-55.

- Metccalfe, S. J. (2010). *Tecnology and economic theory*. Cambridge Journal of economics. Nº 34, pp. 153-171.

- Metcalfe, S. J. / Foster, J. (2010). *Evolutionary growth theory*. Handbook of alternative theories of economic growth, pp. 64-94.

- Montoya Suarez, O. (2004). *Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico. Scientia et Technica*, nº 25, pp. 109-113.

- Morishima, M. (1976). *La teoría económica de Marx : una teoría dual del valor y el crecimiento*. Tecnos.

- Nelson, R. (2007). *Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory*. GLOBELICS, nº 2, pp. 1-23.

- Renelt, D. (1991). *Economic Growth. A review of the theorical and empirical literature*. Country Economics Department.

- Roa García, M. / Saura Bacaoicoa, D. / Vázquez, F.J. (2005). *Modelos de crecimiento económico. Una revisión sintética.* Universidad Francisco de Vitoria.

- Sánchez Chóliz, J (1990). *Notas sobre el papel de la cesta salarial en las innovaciones*.

- Sánchez Chóliz, J/ Duarte, R. (2003). *Production Chains and Economic Indicators.* Economic Systems Research, nº15, issue 4, pp. 481-494.

- Schumpeter, J.A. (1939). *Business cycles, A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process.* McGraw-Hill Book Company.

- Vegara, J.M. (1979*). Economía política y modelos multisectoriales*. Tecnos.

- Villanueva, J. (2003). *El crecimiento y el ciclo económico: la visión Schumpeteriana*. Boletín de lecturas sociales y económicas, nº13, pp. 11-16.