

EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA AGRICULTURA: TEORÍA Y APLICACIONES AL CASO DE ESPAÑA Y ANDALUCÍA (*)

Por
JOSE GONZALEZ DELGADO (**)

I. INTRODUCCION

LA motivación de este trabajo es conseguir una medida del progreso tecnológico en el sector primario español, con extensión al ámbito andaluz, por las características de la agricultura en esta Comunidad Autónoma, y ampliación a las provincias de Sevilla y Almería, en atención a sus peculiaridades.

El cambio tecnológico es un determinante fundamental del crecimiento económico y su contribución en los aumentos de productividad se ha venido destacando como elemento primordial. Esta importancia se agiganta cuando se trata de un sector productivo determinado y, en especial, con referencia al sector agrario español, que tiene un elevado peso relativo todavía.

En todos los países desarrollados, la agricultura ha llegado a ser uno de los sectores económicos más productivos, a pesar de

(*) Este artículo sintetiza parte de la Tesis de Doctorado en Ciencias Económicas del autor, con el mismo título.

(**) Profesor Titular Numerario de Teoría Económica de la Universidad de Sevilla y Doctor Ingeniero Agrónomo.

que su participación relativa en el conjunto de la economía de cada uno de ellos va disminuyendo progresivamente. El fuerte decrecimiento de sus poblaciones activas ocupadas en la agricultura, no ha sido obstáculo para que las producciones totales agrarias sigan aumentando en valores absolutos. De ahí que los incrementos de la producción agraria por unidad de trabajo sean importantes. No otra cosa ha sucedido también en nuestro país.

Diversos estudios sobre el cambio tecnológico en la agricultura hacen ver que, el gran crecimiento de la productividad agraria, en buena parte, se puede atribuir a los progresos alcanzados por la tecnología en el sector, y tratan de cuantificar dicho cambio.

Por otra parte, trabajos como los de Abramovitz, Solow, Denison, Griliches y otros, respecto a la determinación de la tasa de crecimiento económico en U.S.A., así como los de Fanjul, Molins y Baró, para la economía española, muestran el interés por conocer la influencia del progreso técnico en las variaciones de la productividad. El denominador común es, medir los incrementos de ésta y determinar qué parte de los mismos se puede imputar al cambio tecnológico.

Un estudio de Nevel sobre el cambio tecnológico en la agricultura norteamericana, referido al período 1950-1966, llega a las siguientes conclusiones principales, que nos servirán de comparación posterior:

- El índice de tecnología agraria aumentó en un 87%.
- La producción por hombre se duplicó, y se imputa, de este aumento, entre el 62 y el 80% al cambio tecnológico.
- La maquinaria agrícola juega un papel secundario en los incrementos de la producción del sector.
- La función de producción agregada de la agricultura, presenta una tendencia muy ligera hacia rendimientos decrecientes.

Análisis más reciente, para el sector agrario de Pakistán, realizado por Wizarat, obtiene como conclusión a resaltar que, durante el período 1964-1970, solamente el 16% del incremento observado en el valor añadido, se ha computado al empleo de inputs y el 84% puede haber sido debido al cambio tecnológico. Este

comportamiento de la agricultura se debió al apreciable aumento de los regadíos, semillas y fertilizantes.

Nos interesa especialmente, además de mostrar una cuantificación del cambio tecnológico agrario, la determinación del incremento de la productividad del trabajo en el sector y la asignación de la cuota, que en tal elevación corresponde al progreso tecnológico.

En esencia, nos hemos planteado el mismo reto en relación al sector agrario español: intentar medir el grado de cambio de su tecnología, calcular la variación de la productividad y hacer una imputación del porcentaje que corresponde de esa variación al progreso tecnológico desarrollado.

II. METODOLOGIA SEGUIDA. MODELO DE SOLOW

II.1. *Elección del modelo*

Una vez realizado un amplio análisis de la función de producción agregada con vistas a su aplicación en el estudio que nos ocupa, y tras sopesar las críticas surgidas del debate de Cambridge sobre la función neoclásica, de acuerdo con Heertje y aún sin tomar posición definitiva al respecto, nos alineamos también con la tendencia a considerar la distribución de la producción como dependiente de la productividad de los factores.

Utilizamos para nuestro propósito, el modelo matemático desarrollado por Solow, con las modificaciones convenientes para su aplicación a la agricultura.

Si el progreso tecnológico, se puede definir como un cambio en la producción total de las explotaciones agrarias para un nivel dado de los gastos de producción, cambio que va a provocar modificaciones en la función agregada de producción, el método de Solow trata de medir este cambio tecnológico como el residuo que queda al restar a la producción por unidad de trabajo los consumos de capital también por unidad de trabajo.

De ahí que aparezcan en aquél residuo, como cambio tecnológico, todas las mejoras introducidas directa o indirectamente en

las explotaciones del sector agrario, como la educación y formación empresarial, técnicas de dirección, calidad de los medios productivos y cuantos factores coadyuvan a causar aumentos de la producción agraria total.

Para la cuantificación del cambio técnico, nos fijamos en las variaciones de la producción causadas por cambios en la propia función de producción, que a su vez son generados por el progreso técnico.

El modelo de Solow parte de la función que recoge la relación entre la producción obtenida y los insumos utilizados, en la forma conocida:

$$Q = F [K, L; A(t)]$$

La expresión $A(t)$ aparece en la función para considerar el cambio técnico, como función de la variable tiempo (t), y representa cualquier clase de desplazamiento de la función de producción.

En el modelo se asumen *tres supuestos*:

- 1.º El cambio tecnológico es neutral, según la definición de Hicks. Es decir, mejora la eficiencia de los dos factores productivos, en igual medida, y se conserva constante la relación entre las productividades marginales de los mismos.

Por tanto, la función de producción toma la forma:

$$Q = A(t) \cdot F (K,L).$$

El factor $A(t)$ mide el efecto acumulado de los desplazamientos o deformaciones de la producción a través del tiempo.

- 2.º Nos colocamos en la situación de equilibrio en libre competencia. Luego los factores productivos se remuneran por el correspondiente valor de su productividad marginal.
- 3.º La función de producción total agregada es homogénea de grado uno.

O sea, estamos en el caso de rendimientos a escala constante.

Por supuesto, las conclusiones que se deduzcan en el trabajo, por la aplicación a la agricultura de esta metodología, han de quedar sujetas, asimismo, a las limitaciones indicadas, aunque los tres supuestos han de ser tan asumibles en el sector agrario como en cualquiera otra actividad económica que estudiemos.

En el análisis a realizar tomaremos la función dinamizada de Cobb-Douglas, con rendimientos a escala constantes, como representativa de la función de producción agregada agraria, de la forma:

$$Q = A(t) \cdot K^b \cdot L^{1-b}$$

Esta función también se puede expresar como:

$$q = \frac{Q}{L} = A(t) \cdot \frac{K^b}{L} \cdot \frac{1}{L^{b-1}} = A(t) \cdot \left(\frac{K}{L}\right)^b = A(t) \cdot k^b$$

donde se recoge la producción por hora-hombre trabajada (q), como función dependiente del capital por unidad de trabajo (k) y del cambio tecnológico, exclusivamente. El parámetro b , es la elasticidad de la producción respecto al capital, que en la situación de equilibrio representa la participación del capital en la producción, es decir:

$$b = \frac{\dot{i} \cdot K}{P \cdot Q},$$

donde P es el precio de la producción (Q) e \dot{i} es el coste o remuneración del capital (K).

Por aplicación del cálculo diferencial a la última formulación de la función de producción, resulta:

$$\frac{dq}{q} = \frac{d A(t)}{A(t)} + b \cdot \frac{dk}{k}$$

De donde se obtiene una medición de la variación del progreso tecnológico:

$$\frac{d A(t)}{A(t)} = \frac{dq}{q} - b \cdot \frac{dk}{k}$$

Para hallar el residuo $\frac{d A(t)}{A(t)}$,

que es el cambio en la función de la producción provocado por un cambio tecnológico neutral, se resta del cambio total en la producción por unidad de trabajo, el cambio en la producción causado por las variaciones totales en el uso del capital por unidad de trabajo.

La elección del modelo de Solow para acometer esta cuantificación del cambio tecnológico en la agricultura española, ha parecido conveniente, tanto por los resultados de distintos estudios empíricos llevados a cabo, como por el comportamiento del sector primario.

Es totalmente asumible en él la situación de libre competencia, que permite igualar los valores de las productividades marginales de los factores, a sus precios.

Por otra parte, la función de producción agregada en la agricultura, tiene un comportamiento muy aproximado a la de rendimientos a escala constantes.

Asimismo, la neutralidad del progreso técnico en la agricultura, según Hicks, es coherente con numerosas aportaciones teóricas y empíricas.

II.2. *Modificaciones del modelo de Solow para su aplicación a la agricultura*

Es necesario modificar en parte el modelo de Solow indicado, a fin de indagar sobre los impactos que causan en la producción, la *maquinaria* e incluso los *gastos de fuera del sector*, también denominados intermedios, como componentes ambos del capital

total utilizado en el sector agrario. De no hacer esta separación, sólo podríamos cuantificar el impacto global del capital sobre el incremento de la producción.

Por eso el capital empleado en la producción agraria, se descompone en tres grupos. El primero, en general denominado capital «per se» o «propiamente dicho», incluye el valor de la tierra, las plantaciones, mejoras, edificios, ganadería y variación de existencias. El segundo, recoge la maquinaria y equipamientos de la agricultura. El tercer grupo integra las compras intermedias de productos consumidos y concretamente semillas, abonos, piensos, pesticidas, reparación y conservación de edificios y maquinarias, impuestos y gastos varios.

En realidad, asimilamos a capital, tanto la tierra como la maquinaria y los *inputs* intermedios, pero los distinguimos a los efectos de profundizar en el conocimiento de sus respectivos efectos sobre la productividad.

Tal desagregación de los valores del capital total, provoca en la práctica problemas lógicos sobre disponibilidad de los datos adecuados, si bien el enriquecimiento de las conclusiones es muy importante.

Por ello, desde el punto de vista teórico escribimos de nuevo la ecuación del modelo de Solow, pero incluyendo la descomposición del capital en sus tres elementos básicos, como sigue:

$$\frac{d A(t)}{A(t)} = \frac{dq}{q} - w_k \cdot \frac{dk}{K} - w_m \cdot \frac{dm}{m} - w_g \cdot \frac{dg}{g},$$

en la que:

- w_k , es la proporción o participación del capital «propiamente dicho» en la producción por unidad de trabajo.
- k , es el insumo de capital «propiamente dicho», por unidad de trabajo.
- w_m , es la participación de la maquinaria en la producción por unidad de trabajo.
- m , es el insumo de maquinaria por unidad de trabajo.
- w_g , es la participación de los gastos de fuera del sector utilizados por unidad de trabajo.

g, es el insumo de gasto de fuera del sector por unidad de trabajo.

Para atenuar fluctuaciones de los datos originarios y minimizar sesgos, por una parte tomamos como valores de \underline{q} , \underline{k} , \underline{m} y \underline{g} , las medias móviles de tres años adyacentes, y por otra, la media aritmética de cada dos períodos anteriores consecutivos.

En definitiva, aplicaremos a la agricultura la ecuación de Solow modificada y recogiendo estas últimas consideraciones:

$$\frac{dA(t)}{A(t)} = \frac{dq}{\frac{q_{t1} + q_{t2}}{2}} - w_k \cdot \frac{dk}{\frac{k_{t1} + k_{t2}}{2}} - w_m \cdot \frac{dm}{\frac{m_{t1} + m_{t2}}{2}} - w_g \cdot \frac{dg}{\frac{g_{t1} + g_{t2}}{2}}$$

En esta ecuación, todos los valores (de producto e insumos) vienen dados en pesetas constantes.

El cálculo del índice del cambio tecnológico se hace fijando para el primer período $A(t) = 1$. Los valores del índice en los períodos posteriores se determinan mediante la ecuación:

$$A(t+1) = A(t) + dA(t) = A(t) \cdot \left[1 + \frac{dA(t)}{A(t)} \right]$$

que permite dar una medida del índice del cambio tecnológico, para cada período de estudio.

III. APLICACION DEL MODELO AL SECTOR AGRARIO ESPAÑOL

III.1. *Consideraciones sobre los datos utilizados y su tratamiento*

El estudio se extiende al ámbito temporal que va desde el año 1970 a 1982.

Los datos se han tomado, en cuanto ha sido posible, de los «Anuarios de Estadística Agraria» (M.A.P.A.), «Las Cuentas del Sector Agrario» (M.A.P.A.), «La Renta Nacional de España» (B. de Bilbao), «Las Encuestas de Población Activa» (I.N.E.) y «Censo de Población» (I.N.E.). Los datos no disponibles se han estimado tras propia elaboración.

Las mayores dificultades se han encontrado en relación a los valores del patrimonio agrario, a todos los niveles territoriales. Para los datos patrimoniales nacionales se han tomado como hitos fundamentales, los correspondientes a los años 1963, 1970, 1972 y 1976. En cuanto a la Comunidad Autónoma de Andalucía, solamente existen datos patrimoniales para 1972 y 1976.

Hemos de tener en cuenta que al reducirse el espacio geográfico del estudio, la climatología puede presentar mayor influencia sobre los valores disponibles y estimados.

Todos los datos a utilizar se han ajustado a pesetas constantes de 1970, deflacionados por los índices correspondientes a las producciones agrarias, según los valores de los «Anuarios».

En la producción total del sector agrario se incluyen también los reempleos, por lo que coincide con el valor bruto de todas las producciones agrícolas, ganaderas y forestales.

De acuerdo con el modelo a seguir, se expresan todos los valores por unidad de trabajo. La separación realizada dentro del capital total, nos lleva a las tres expresiones de: capital «propia-mente dicho», maquinaria agraria y gastos de fuera del sector, por unidad de trabajo.

El factor trabajo se expresa en horas-hombre trabajadas totales, por lo que se incluyen todas las horas-hombre trabajadas en las explotaciones agrarias, incluso las de los encargados y de

sus familias, además de las de los trabajadores asalariados. A todos los efectos, se ha considerado un trabajo anual de 1.960 horas por efectivo laboral ocupado en el sector.

Se han ordenado los datos en once períodos de tiempo, que cubren los trece años del ámbito temporal elegido, mediante medias móviles de tres años, para la producción y para los tres componentes del capital, por hora de trabajo, a fin de aproximarnos al estado de equilibrio de la agricultura.

III.2. *Participación de los mismos en la producción total agraria*

Dado que hemos asumido una situación de equilibrio en libre concurrencia para cada período, los factores productivos se han de retribuir por el valor de su productividad marginal.

El insumo de capital «propiamente dicho» por hora de trabajo (k), lo medimos mediante un cargo de un 8% anual, ya que éste fué el tipo medio de interés pagado por el sector agrario en los 13 años considerados, de donde se deduce su participación en la producción.

Para la maquinaria, se carga un 10,5% anual del valor de aquella, por considerar una remuneración superior en un 30% a la del capital «per se», cifra acorde con la realidad.

En el caso de la participación de los gastos de fuera del sector, cargamos un 15%, como tipo medio de interés de financiación del capital circulante para el período de análisis.

III.3. *El proceso de aplicación del modelo*

De acuerdo con la metodología indicada, se prepara la Tabla 1, que muestra por columnas, en pesetas constantes de 1970, para los once períodos del estudio, los valores de la producción agraria total, del capital, de la maquinaria y de los gastos fuera del sector, todos por hora-hombre trabajada.

Posteriormente, se determinan las participaciones en la producción, del capital «propiamente dicho», de la maquinaria y de

Tabla n.º 1
ESPAÑA (Ptas. 1970)

Periodo	Producción por hora trabajo (q)	Capital por hora trabajo (k)	Maquinaria por hora trabajo (m)	Gastos intermedios por hora trabajo (g)
1970-72	$\frac{491.722,7 \times 10^6}{1960 \times 3.371,2 \times 10^3} = 74,42$ 511.467,3	$\frac{2.803,6 \times 10^9}{1.960 \times 3.371,2 \times 10^3} = 424,3$ 2.804,4	73,7 $\frac{1,96 \times 3,3712}{78,6}$	$\frac{107.622,7}{6.607,552} = 11,1$ 115.208,7
1971-73	$\frac{1960 \times 3.194,7}{1960 \times 3.194,7} = 81,68$	$\frac{1,96 \times 3,1947}{1,96 \times 3,1947} = 447,9$	$\frac{1,96 \times 3,1947}{1,96 \times 3,1947} = 12,6$	$\frac{6.261,612}{6.261,612} = 18,40$
1972-74	$\frac{529.027,7}{1960 \times 3.013,5} = 89,57$	$\frac{2.769,4}{1,96 \times 3,0135} = 468,9$	83,2 $\frac{1,96 \times 3,0135}{1,96 \times 3,0135}$	$\frac{125.323}{5.906,460} = 21,22$
1973-75	$\frac{545.034}{1960 \times 2.874,5} = 96,74$	$\frac{2.702,5}{1,96 \times 2,8745} = 479,7$	87,5 $\frac{1,96 \times 2,8745}{1,96 \times 2,8745}$	$\frac{131.994}{5.634,020} = 23,43$
1974-76	$\frac{559.883,3}{1960 \times 2.728,4} = 104,70$	$\frac{2.637,2}{1,96 \times 2,7284} = 493,1$	91,9 $\frac{1,96 \times 2,7284}{1,96 \times 2,7284}$	$\frac{136.760}{5.347,664} = 25,57$
1975-77	$\frac{565.699,7}{1960 \times 2.579,6} = 111,89$	$\frac{2.563,9}{1,96 \times 2,5796} = 507,1$	96,8 $\frac{1,96 \times 2,5796}{1,96 \times 2,5796}$	$\frac{143.808,3}{5.056,016} = 28,44$
1976-78	$\frac{580.529,7}{1960 \times 2.465,5} = 120,13$	$\frac{2.489,2}{1,96 \times 2,4655} = 515,1$	106,2 $\frac{1,96 \times 2,4655}{1,96 \times 2,4655}$	$\frac{153.076,0}{4.832,38} = 31,68$
1977-79	$\frac{588.805,7}{1960 \times 2.339,6} = 128,40$	$\frac{2.420,5}{1,96 \times 2,3396} = 527,8$	118,9 $\frac{1,96 \times 2,3396}{1,96 \times 2,3396}$	$\frac{162.598,7}{4.585,616} = 35,46$
1978-80	$\frac{613.113}{1960 \times 2.204,4} = 141,90$	$\frac{2.378,2}{1,96 \times 2,2044} = 550,4$	131,5 $\frac{1,96 \times 2,2044}{1,96 \times 2,2044}$	$\frac{168.99,0}{4.320,624} = 39,11$
1979-81	$\frac{611.497}{1960 \times 2.059,0} = 151,52$	$\frac{2339,9}{1,96 \times 2,059} = 579,8$	139,8 $\frac{1,96 \times 2,059}{1,96 \times 2,059}$	$\frac{174.462,0}{4.035,640} = 43,23$
1980-82	$\frac{615.920,7}{1960 \times 1.944,6} = 161,60$	$\frac{2.307,7}{1,96 \times 1,9446} = 605,5$	143,7 $\frac{1,96 \times 1,9446}{1,96 \times 1,9446}$	$\frac{181.001,7}{3.811,416} = 47,49$

Fuente: Elaboración propia.

CALCULO DE LOS CAMBIOS PROPORCIONALES
ESPAÑA

	$\frac{dq}{\frac{q_1 + q_2}{2}}$	$\frac{dk}{\frac{k_1 + k_2}{2}}$	$\frac{dm}{\frac{m_1 + m_2}{2}}$	$\frac{dg}{\frac{g_1 + g_2}{2}}$
1970-72	0,0930	0,0541	0,1266	0,1216
1971-73	0,0921	0,0458	0,1124	0,1424
1972-74	0,0770	0,0228	0,0946	0,0990
1973-75	0,0790	0,0275	0,1040	0,873
1974-76	0,0664	0,0280	0,1047	0,1063
1975-77	0,0710	0,0156	0,1411	0,1078
1976-78	0,0665	0,0244	0,1628	0,1226
1977-79	0,0999	0,0419	0,1599	0,0979
1978-80	0,0656	0,0520	0,1292	0,1001
1979-81	0,0644	0,0434	0,0858	0,0939
1980-82	—	—	—	—

Fuente: Elaboración propia.

CALCULO DEL CAMBIO EN LA FUNCION DE PRODUCCION (dA/A)
ESPAÑA

Periodo	dA/A	0,456x0,0541	- 0,0156x0,1266	- 0,0328x0,1216	= 0,0930	- 0,0246	- 0,0019	- 0,0039	= 0,0626
1970-72	0,0921	- 0,439x0,0458	- 0,0162x0,1124	- 0,0338x0,1424	= 0,0921	- 0,0201	- 0,0018	- 0,0048	= 0,0645
1971-73	0,0770	- 0,419x0,0228	- 0,0165x0,0946	- 0,0355x0,0990	= 0,0770	- 0,0095	- 0,0016	- 0,0035	= 0,0624
1972-74	0,0790	- 0,397x0,0275	- 0,0168x0,1040	- 0,0363x0,0873	= 0,0790	- 0,0109	- 0,0017	- 0,0032	= 0,0632
1973-75	0,0664	- 0,377x0,0280	- 0,0172x0,1047	- 0,0366x0,1063	= 0,0664	- 0,0105	- 0,0018	- 0,0039	= 0,0502
1974-76	0,0710	- 0,363x0,0156	- 0,0179x0,1411	- 0,0381x0,1078	= 0,0710	- 0,0056	- 0,0025	- 0,0041	= 0,0588
1975-77	0,0665	- 0,343x0,0244	- 0,0192x0,1628	- 0,0395x0,1126	= 0,0665	- 0,0365	- 0,0083	- 0,0031	= 0,0507
1976-78	0,0999	- 0,329x0,0419	- 0,0212x0,1599	- 0,0414x0,0979	= 0,0999	- 0,0138	- 0,0034	- 0,0040	= 0,0787
1977-79	0,0656	- 0,310x0,0520	- 0,0225x0,1292	- 0,0413x0,1001	= 0,0656	- 0,0161	- 0,0029	- 0,0041	= 0,0425
1978-80	0,0644	- 0,306x0,0434	- 0,0239x0,0858	- 0,0428x0,0939	= 0,0644	- 0,0132	- 0,0020	- 0,0040	= 0,0452
1979-81									

Fuente: Elaboración propia.

los gastos de fuera del sector, por período, para proceder seguidamente al cálculo de los cambios proporcionales

$$\left(\frac{dx}{\frac{x_{t1} + x_{t2}}{2}} \right)$$

y del cambio en la función de producción

$$\left(\frac{d A(t)}{A(t)} \right).$$

Con todos estos resultados se construye la Tabla 2, que recoge en su última columna el índice del cambio tecnológico [A(t)], determinado por la fórmula

$$A(t+1) = A(t) \cdot \left[1 + \frac{d A(t)}{A(t)} \right]$$

Los valores de esta columna indican los índices de crecimiento acumulado del cambio tecnológico, en los distintos subperíodos trianuales del período total estudiado 1970-82. El valor final de 1,7560 representa el incremento total acumulado, en el período de la investigación, del progreso tecnológico experimentado por el sector agrario español.

IV. RESULTADOS PARA LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

IV.1. *Variación del progreso técnico*

El índice del cambio tecnológico de la agricultura en el período considerado, expresa que A(t) ha aumentado más del 75%, con una tasa media equivalente al 5,8% de crecimiento acumulado.

Cuadro n.º 2

ESPAÑA (Pia. 1970)

Periodo	Producto total por unidad de trabajo (q)	Capital, tierra y mejoras por unidad de trabajo (k)	Maquinaria por unidad de trabajo (m)	Gasto de fuera del sector por unidad de trabajo (g)	Participación de capital (WK)	Participación de maquinaria (WM)	Participación de gastos de fuera del sector (WG)	Cambio en la función de producción dA/A	Índice del cambio tecnológico A(t)
1970-72	74,42	424,30	11,10	16,29	0,456	0,0156	0,0328	0,0626	1,0000
1971-73	81,68	447,90	12,60	18,40	0,439	0,0162	0,0338	0,0654	1,0626
1972-74	89,57	468,90	14,10	21,22	0,419	0,0165	0,0355	0,0624	1,1321
1973-75	96,74	479,70	15,50	23,43	0,397	0,0168	0,0363	0,0632	1,2027
1974-76	104,70	493,10	17,20	25,57	0,377	0,0172	0,0366	0,0502	1,2787
1975-77	111,89	507,10	19,10	28,44	0,363	0,0179	0,0381	0,0588	1,3429
1976-78	120,13	515,10	22,00	31,68	0,343	0,0192	0,0395	0,0507	1,4219
1977-79	128,40	527,80	25,90	35,46	0,329	0,0212	0,0414	0,0787	1,4940
1978-80	141,90	550,40	30,40	39,11	0,310	0,0225	0,0413	0,0425	1,6116
1979-81	151,52	579,80	34,60	43,23	0,306	0,0239	0,0428	0,0452	1,6801
1980-82	161,60	605,50	37,70	47,49	0,299	0,0245	0,0441	—	1,7560

Fuente: Elaboración propia.

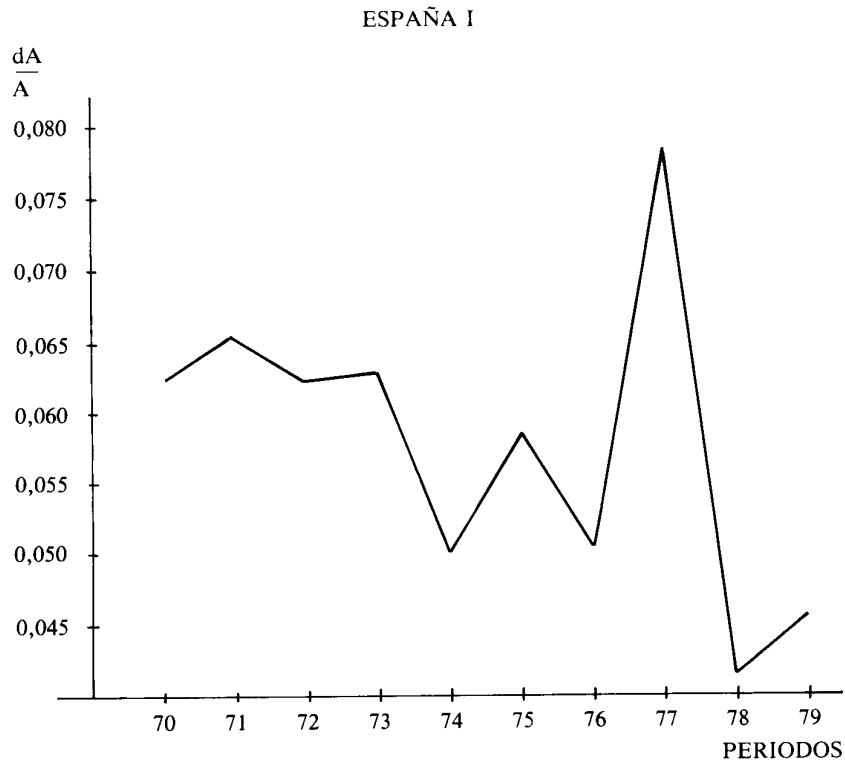
Por otra parte se observa que el producto por hora-hombre trabajada, se ha más que duplicado (multiplicado por 2,17).

En el gráfico 1, que representa los movimientos del cambio en la función de producción

$$\left[\frac{dA}{A} \right]$$

a lo largo del tiempo, se aprecia un crecimiento sostenido, con una zona de mínimos relativos (pero altos) en los períodos 1974-76, 1975-77 y 1976-78, obteniendo una fuerte elevación en los años 1977-79 (máximo del período estudiado), para luego declinar algo este crecimiento en los períodos 1978-80 y 1980-82.

Gráfico n.º 1



IV.2. *Contribución del capital total en el incremento de la productividad*

Para determinar la aportación del capital total en el aumento de la producción, en el período considerado, dividimos el importe de la producción horaria de 1980-82 (161,60 ptas.) por 1,756 que es el índice del cambio tecnológico en dicho período (valor de $A(t)$). Así, se obtiene un valor del producto por hora trabajada, que es neto de todo cambio tecnológico.

Dicho valor corregido, que resulta ser de 92,03 ptas., menos el producto horario inicial (74,42 ptas.), concreta una medida de la contribución del capital total en el aumento de la producción (17,61 ptas.).

Estas 17,61 ptas. del incremento total de la producción (161,60 — 74,42 = 87,18 ptas.), se pueden atribuir a la aplicación intensiva del capital total, y el resto, al aumento provocado por el progreso tecnológico. De donde se deduce que aproximadamente el 20%

$$\left(\frac{17,61}{87,18} = 0,202 \right)$$

del aumento de producción horaria, se atribuirá al incremento de capital total por unidad de trabajo, y el 80% restante, al cambio de la tecnología en el período.

Cabe, asimismo, empezar el razonamiento por el factor tecnología e imputar el residuo a la intensificación de capital total-trabajo. En este caso, vemos que el incremento del porcentaje en la producción por hora es del 117,5% y el incremento en tecnología es del 75,6%. Por ello, la aportación tecnológica se medirá por

$$\frac{75,6}{117,5} = 0,6453;$$

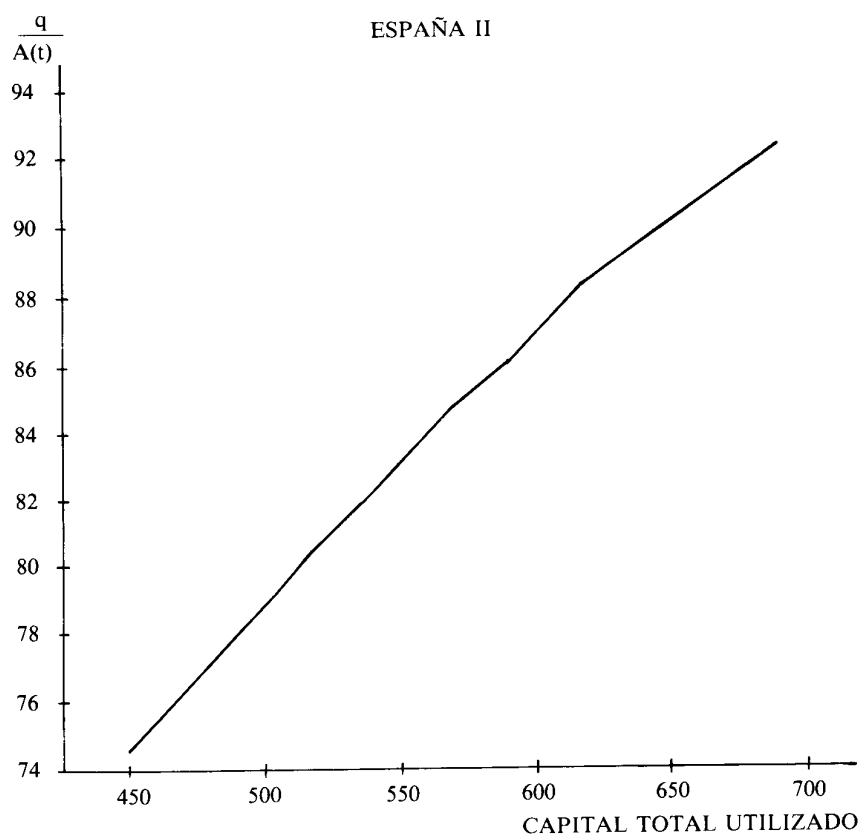
es decir, será ésta del 64,5%. El resto, de 35,5%, se atribuirá a la intensificación de capital total por unidad de trabajo.

Ante los dos procedimientos examinados, es posible afirmar que entre el 64,5% y el 80% del aumento en la producción por hora-hombre trabajada, se puede atribuir al progreso técnico y entre el 20% y el 35,5% puede ser atribuido a la intensidad de capital total-trabajo.

En el gráfico 2, se recoge la variación de la producción unitaria, corregida de todo cambio tecnológico, y la variación del capital total unitario usado.

$\frac{q}{A(t)}$	Capital total
74,42	451,69
76,87	458,90
79,12	504,22
80,44	518,63
81,88	535,87
83,32	554,64
84,49	568,78
85,94	589,16
88,05	619,91
90,19	647,63
92,03	690,69

Gráfico n.º 2



De la forma de la curva correspondiente puede deducirse si la función de producción agregada de la agricultura española presenta tendencia hacia rendimientos decrecientes, como así se muestra, pero de manera muy suave. Prácticamente, estamos ante una función de rendimientos constantes.

El haber llegado a que el capital total contribuye alrededor de una tercera parte, en el incremento de la producción total agraria, supone una concordancia con estudios similares realizados por Solow, Douglas y Nevel.

IV.3. *Análisis del impacto de la maquinaria agraria*

Dado que la participación media del capital total en la producción es del 41,4% y la de la maquinaria en el capital total es sólo del 4,52% resulta, que del incremento de la producción atribuido al capital total, el 10,9%

$$\left(\frac{0,0452}{0,4140} = 0,109 \right)$$

corresponderá a la maquinaria agrícola.

En el caso de considerar que se debe al capital, según vimos, el 20% del aumento de la producción, a la maquinaria le corresponderá el 2,18% de aquel, cifra que resulta baja, pero que manifiesta la importancia en el progreso técnico de nuevas variedades de semillas, razas ganaderas, hibridaciones, abonos, pesticidas, etc.

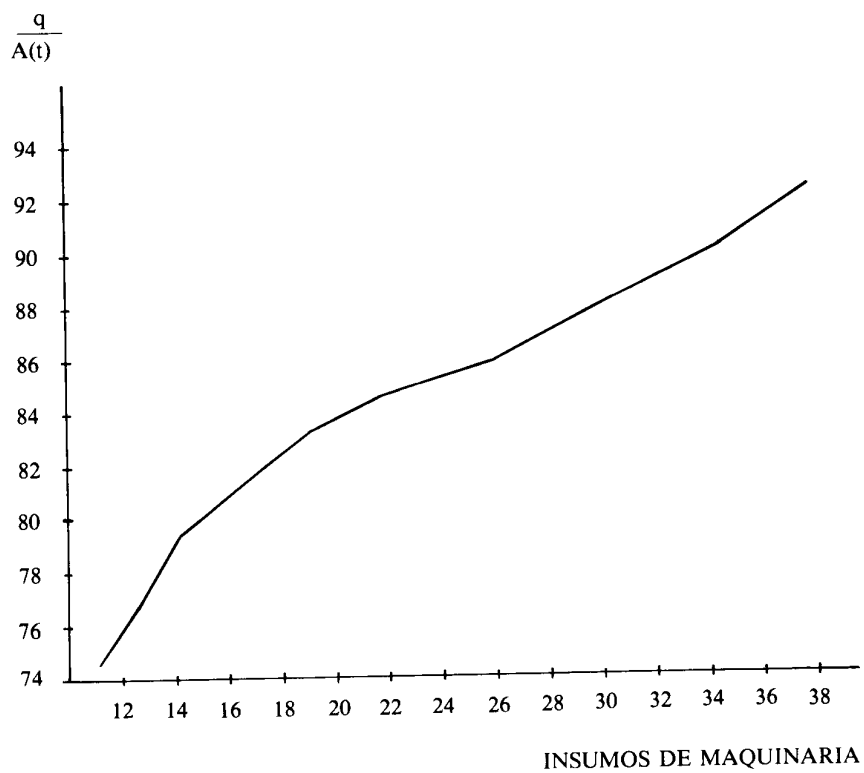
Queda también patente, que la maquinaria agrícola por unidad de trabajo (m), ha continuado aumentando desde el primer período, con un incremento del 239%, verdaderamente notable, al más que triplicarse.

El gráfico 3, que registra la variación de la producción horaria corregida por el cambio tecnológico, y los insumos de maquinaria agrícola empleada en cada período, muestra en el último tramo la conexidad de la curva representativa, aunque suave; es decir, todavía se está lejos del punto de saturación en la aplicación del insumo maquinaria.

$\frac{q}{A(t)}$	Insumos maquinaria agrícola/hora
74,42	11,10
76,87	12,60
79,12	14,10
80,44	15,50
81,88	17,20
83,32	19,10
84,49	22,00
85,94	25,90
88,05	30,40
90,19	34,60
92,03	37,70

Gráfico n.º 3

ESPAÑA III



Con los resultados obtenidos, podemos indicar que la maquinaria agraria no ha tenido una contribución directa significativa en el incremento de la producción alcanzado por la agricultura.

Autores como Nevel, Johnson y Gustafson, han llegado a resultados muy similares a los hallados. Todos ellos observaron que el incremento en la mecanización agraria solamente compensaba el descenso en la aplicación del factor trabajo y que el impacto de la maquinaria en el ascenso de la producción era de escaso relieve. Sin embargo, no podemos olvidar que la maquinaria agrícola, utilizada con otros factores productivos, mejora los incrementos de la producción en forma de efectos indirectos.

IV.4. *Análisis del efecto de los gastos de fuera del sector*

Estos gastos han tenido una participación creciente en la producción total, con un incremento del 34,5% a lo largo del período en cuestión.

Su participación media en el capital total es del 9,04%, por lo que del aumento de la producción correspondiente al capital total, puede atribuirse a ellos casi el 22%

$$\left(\frac{0,0904}{0,4140} = 0,2183 \right).$$

o sea, a los gastos de fuera del sector se le asignará el 4,37% ($0,2183 \times 0,20 = 0,04366$) del aumento de la producción por hora de trabajo, que justamente es el doble de lo atribuido a la maquinaria.

En consecuencia, queda un 13,45%, como impacto sobre el aumento de la productividad, atribuible exclusivamente al capital «per se» o «propriadamente dicho», formado por tierra y mejoras de todo tipo.

V. RESULTADOS PARA LA AGRICULTURA DE ANDALUCIA

V.1. *Variación del progreso técnico*

Con las hipótesis de trabajo establecidas, el índice del cambio tecnológico nos indica que para Andalucía, $A(t)$ creció casi un 99% (98,53%) en los once períodos estudiados, lo que representa un crecimiento medio anual acumulativo del 7,1%.

Por otra parte, el producto total agrario por unidad de trabajo ha crecido un 240%.

La tecnología muestra un valor muy elevado en el período 1970-72, para luego mantenerse en niveles también altos en todos los períodos, excepto en los 1976-78 y 1978-80.

En el gráfico 4, se explicitan los movimientos de $\frac{dA}{A}$.

V.2. *Contribución del capital total en el aumento de la productividad*

Para calcular dicha contribución, dividimos el valor de la producción horaria de 1980-82 (163,35 ptas.) entre 1,9853 (índice del cambio tecnológico en el período). El cociente (82,28) es el valor de la producción por hora trabajada, neto de todo cambio tecnológico. Este nuevo valor corregido de la producción, disminuido en el producto horario del período inicial 1970-72, nos da una medida de la contribución del capital total en el aumento de la producción agraria de Andalucía, determinado por: $82,28 - 68,13 = 14,15 \text{ ptas.}$ Es decir, 14,15 ptas. del aumento de las 95,22 ptas. ($163,35 - 68,13$), se pueden atribuir al incremento de la intensidad del capital, y el resto, 81,07 ptas., al aumento debido al progreso tecnológico. El significado de estas deducciones es que algo más del 85% del incremento en la producción por hora-hombre trabajada es atribuible al progreso tecnológico y el 15% restante al incremento en intensidad de capital.

Tabla n.º 3
ANDALUCÍA (Ptas. 1970)

Período	Producción por hora trabajo (q)	Capital por hora trabajo (k)	Maquinaria por hora trabajo (m)	Gastos intermedios por hora trabajo (g)
1970-72	83,325x10 ⁹ 1,96x0,6240x10 ⁹	524,227 1,960x0,6240	11,90 1,96x0,6240	13,11 1,96x0,6240
1971-73	89,723 1,96x0,5792	522,67 1,960x0,5892	13,58 1,96x0,5792	17,99 1,96x0,5792
1972-74	94,322 1,96x0,5584	509,82 1,960x0,5584	14,80 1,96x0,5584	21,09 1,96x0,5584
1973-75	96,905 1,96x0,5203	486,40 1,960x0,5203	15,57 1,96x0,5203	22,84 1,96x0,5203
1974-76	101,821 1,96x0,5005	467,65 1,960x0,5005	14,53 1,96x0,5005	23,97 1,96x0,5005
1975-77	102,742 1,96x0,4642	447,96 1,960x0,4642	14,15 1,96x0,4642	23,24 1,96x0,4642
1976-78	107,645 1,96x0,4472	430,25 1,960x0,4472	14,78 1,96x0,4472	22,94 1,96x0,4472
1977-79	106,172 1,96x0,4223	412,55 1,960x0,4223	16,26 1,96x0,4223	22,86 1,96x0,4223
1978-80	110,855 1,96x0,3954	403,30 1,960x0,3954	17,66 1,96x0,3954	24,29 1,96x0,3954
1977-91	109,232 1,96x0,3681	394,43 1,960x0,3681	18,55 1,96x0,3681	25,27 1,96x0,3681
1980-82	109,495 1,96x0,3420	386,49 1,960x0,3420	19,26 1,96x0,3420	25,75 1,96x0,3420

Fuente: Elaboración propia.

CALCULO DE LOS CAMBIOS PROPORCIONALES
ANDALUCIA

	$\frac{dq}{\frac{q_1 + q_2}{2}}$	$\frac{dk}{\frac{k_1 + k_2}{2}}$	$\frac{dm}{\frac{m_1 + m_2}{2}}$	$\frac{dg}{\frac{g_1 + g_2}{2}}$
1970-72	0,1481	0,0715	0,2056	0,2862
1971-73	0,0866	0,0117	0,1224	0,1948
1972-74	0,0976	0,0236	0,1216	0,1502
1973-75	0,0883	-0,0005	-0,0306	0,0867
1974-76	0,0846	0,0327	0,0487	0,0444
1975-77	0,0840	-0,0030	0,0808	0,0247
1976-78	0,0437	0,0155	0,1523	0,0543
1977-79	0,1082	0,0424	0,1485	0,1255
1978-80	0,0568	0,0493	0,1204	0,1112
1979-81	0,0760	0,0532	0,1109	0,0920

Fuente: Elaboración propia.

CALCULO DEL CAMBIO EN LA FUNCION DE PRODUCCION (dA/A)
ANDALUCÍA

Periodo	
1970-72	$dA/A = 0,1481 - 0,5033x0,0715 - 0,0150x0,2056 - 0,0290x0,1862 = 0,1481 - 0,0360 - 0,0031 - 0,0054 = 0,1036$
1971-73	$0,0866 - 0,4661x0,0117 - 0,0159x0,1224 - 0,0301x0,1948 = 0,0866 - 0,0054 - 0,0019 - 0,0059 = 0,0734$
1972-74	$0,0976 - 0,4324x0,0236 - 0,0165x0,1216 - 0,0335x0,1502 = 0,0976 - 0,0102 - 0,0020 - 0,0050 = 0,0804$
1973-75	$0,0883 - 0,4016x(-0,0005) - 0,0169x(-0,0306) - 0,0354x0,0867 = 0,0883 + 0,0002 + 0,0005 - 0,0031 = 0,0859$
1974-76	$0,0846 - 0,367x0,0327 - 0,0150x0,0587 - 0,0353x0,0444 = 0,0846 - 0,0120 - 0,0007 - 0,0016 = 0,0703$
1975-77	$0,0840 - 0,3488x(-0,0030) - 0,0145x0,0808 - 0,0339x0,0247 = 0,0840 + 0,0010 - 0,0012 - 0,0008 = 0,0830$
1976-78	$0,0437 - 0,3197x0,0155 - 0,0144x0,1523 - 0,0320x0,0543 = 0,0437 - 0,0050 - 0,0022 - 0,0017 = 0,0348$
1977-79	$0,1082 - 0,3109x0,0424 - 0,0161x0,1485 - 0,00323x0,1255 = 0,1082 - 0,0132 - 0,0024 - 0,0041 = 0,0855$
1978-80	$0,0578 - 0,2911x0,0493 - 0,0167x0,1204 - 0,0329x0,1112 = 0,0568 - 0,0144 - 0,0020 - 0,0037 = 0,0367$
1979-81	$0,0760 - 0,2889x0,0532 - 0,0178x0,1109 - 0,0347x0,0920 = 0,0760 - 0,0154 - 0,0020 - 0,0032 = 0,0534$

Fuente: Elaboración propia.

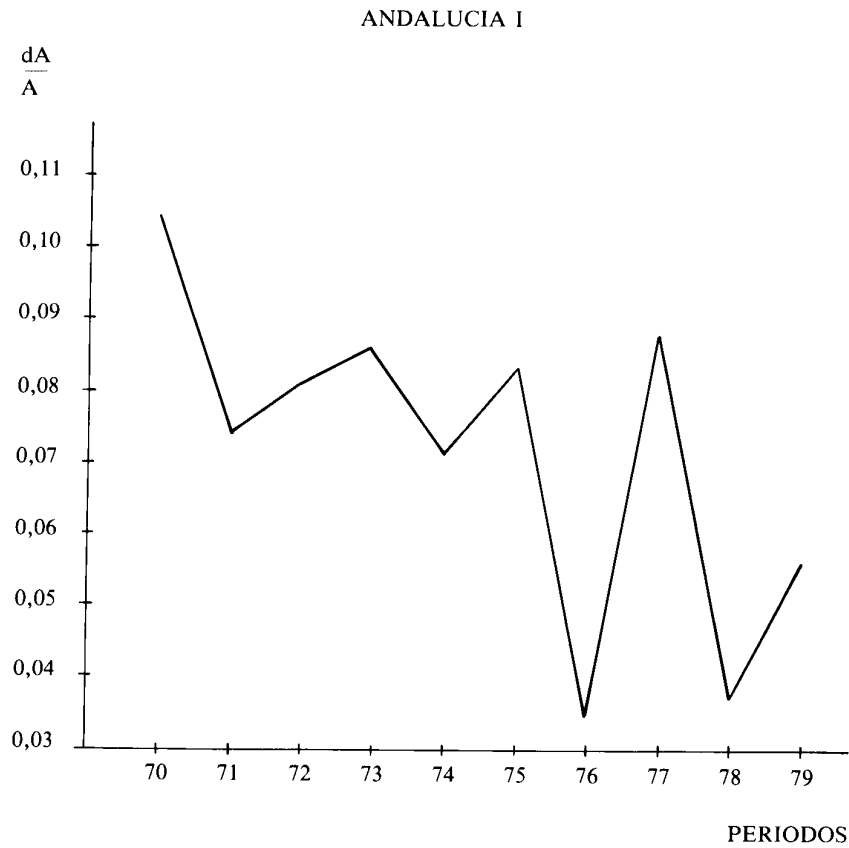
Tabla n.º 4

ANDALUCIA (Ptas. 1970)

Periodo	Producto total por unidad trabajo (q)	Capital, tierra y mejoras por unidad trabajo (k)	Maquinaria por unidad trabajo (m)	Gasto de fuera del sector por unidad trabajo (g)	Participación de capital (WK)	Participación de maquinaria (WM)	Participación fuera del sector (WG)	Cambio en la producción dA/A	Indice del cambio tecnológico A(t)
1970-72	68,13	428,63	9,73	13,15	0,5033	0,0150	0,0290	0,1036	1,0000
1971-73	79,03	460,41	11,96	15,85	0,4661	0,0159	0,0301	0,0734	1,1036
1972-74	86,18	465,82	13,52	19,27	0,4324	0,0165	0,0335	0,0804	1,1846
1973-75	95,02	476,96	15,27	22,40	0,4016	0,0169	0,0354	0,0859	1,2798
1974-76	103,80	476,72	14,81	24,43	0,3674	0,0150	0,0353	0,0703	1,3898
1975-77	112,97	492,57	15,55	25,54	0,3488	0,0145	0,0339	0,0830	1,4875
1976-78	122,87	491,09	16,86	26,18	0,3197	0,0144	0,0320	0,0348	1,6109
1977-79	128,36	498,78	19,64	27,64	0,3109	0,0161	0,0323	0,0885	1,6670
1978-80	143,04	520,40	22,79	31,34	0,2911	0,0167	0,0329	0,0367	1,8145
1979-81	151,40	546,70	25,71	35,03	0,2889	0,0788	0,0347	0,0554	1,8811
1980-82	163,35	576,58	28,73	38,41	0,2824	0,0185	0,0353	—	1,9853

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico n.º 4



Tal como indicamos para el conjunto del sector agrario español, podemos razonar empezando por la tecnología. En tal caso, como el incremento del porcentaje en la producción por unidad de trabajo es de 139,76% y el correspondiente al progreso tecnológico es de 98,53%, resulta que podemos atribuir el 70,5%

$$\left(\frac{98,53}{139,76} \times 100 \right)$$

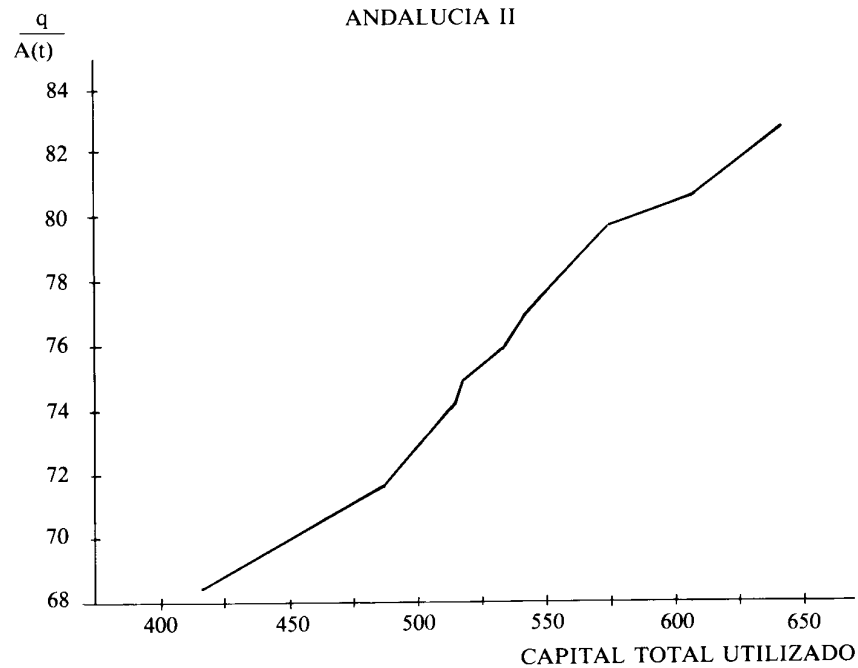
a la tecnología y el resto, 29,5%, a la intensidad del capital.

Luego se infiere que, entre el 70,5% y el 85% del aumento en la producción horaria, lo podemos atribuir al progreso tecnológico habido en la agricultura andaluza, y entre el 15% y el 29,5% a la intensidad del capital.

El gráfico 5 indica que la función de producción agregada para el sector agrario andaluz presenta cierta tendencia hacia ren-

$\frac{q}{A(t)}$	Capital total
68,13	415,51
71,63	488,22
72,75	498,61
74,25	414,63
74,69	515,96
75,85	533,66
72,27	534,13
77,00	546,06
78,83	574,53
80,48	607,44
82,28	643,72

Gráfico n.º 5



dimientos decrecientes, aunque en los dos últimos períodos se invierte la misma, en parte, y aparece un comportamiento muy próximo al de una función con rendimientos constantes.

V.3. *Análisis de los efectos de la maquinaria*

Hemos visto que 14,15 ptas., o el 15% del incremento de la producción agraria de Andalucía por unidad de trabajo, se podía atribuir al incremento de la utilización de capital total.

En atención a que la participación media del capital total en la producción agraria es del 39,64% y la de la maquinaria en el capital total es solamente del 3,89%, se deduce que del aumento de la producción atribuido al capital total, el 9,8% corresponderá a la maquinaria del sector.

Por consiguiente, le corresponderá a la maquinaria agraria el 1,5% del incremento de la producción.

Desde el inicio del período estudiado, la maquinaria por unidad de trabajo ha mantenido un ascenso constante, con un incremento total del 195%, casi triplicándose.

La curva de producción agregada para la agricultura andaluza, gráfico 6, tiene una cierta convexidad, pero parece que estamos lejos del punto de saturación, puesto que la producción aumenta con tasa creciente en los últimos períodos considerados.

En Andalucía se muestra con mayor énfasis que para el conjunto agrario nacional, que la maquinaria ha tenido escasa contribución en el aumento de la producción obtenido por la agricultura.

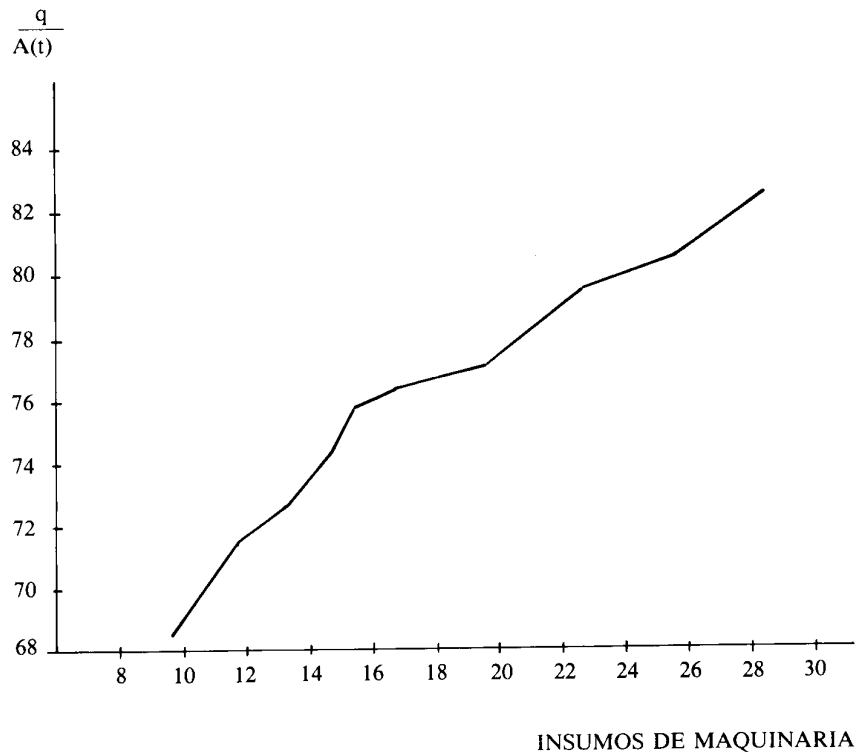
V.4. *Análisis del impacto de los gastos intermedios o de fuera del sector*

La participación de estos gastos ha crecido un 21,7% en todo el período, pero hay que hacer notar el estancamiento relativo de los períodos intermedios, ya que los nuevos avances significativos comienzan en 1978-80, que siguen hasta el final.

$\frac{q}{A(t)}$	Insumos de maquin./hora
68,13	9,73
71,61	11,96
72,75	13,52
74,25	15,27
74,69	14,81
75,95	15,55
76,27	16,86
77,00	19,64
78,83	22,79
80,48	25,71
82,28	28,73

Gráfico n.º 6

ANDALUCIA III



Su participación media en el capital total, es del 8%. En consecuencia, podemos atribuirles del incremento de la producción correspondiente al capital total, un

$$20,2\% \left(\frac{0,08}{0,396} \times 100 \right)$$

del mismo, lo que significa que a los gastos de fuera del sector le corresponderá el 3% ($0,2018 \times 0,15 = 0,030$) del aumento de producción por hora trabajada. Como para el sector español, el impacto de los inputs intermedios resulta ser el doble que el atribuido a la maquinaria.

Finalmente, queda por tanto un impacto del 10,5%, de posible asignación exclusiva al capital «propriadamente dicho», tierra y mejoras, del total incrementado de la producción horaria, algo inferior a la cifra determinada para la agricultura española.

Como resumen, se muestra en el estudio, que tiene en Andalucía una mayor trascendencia la contribución del progreso técnico al aumento de la producción agraria, que en el conjunto de España.

VI. RESULTADOS PARA LAS AGRICULTURAS DE ALMERIA Y SEVILLA

No queríamos dejar de continuar en este trabajo, a nivel provincial, aún sabiendo las dificultades de partida, al no disponer de unos datos suficientemente fiables, y quedarnos sin apoyatura de los valores patrimoniales agrarios provinciales.

Entendemos vale la pena aplicar este modelo a las dos provincias andaluzas citadas, a fin de tener una idea más real del comportamiento de sus principales magnitudes agrarias en relación con el progreso tecnológico, si bien provisionales. La extensión del estudio a Sevilla, responde a haber venido ocupando esta provincia uno de los primeros puestos en el conjunto de la agricultura española; respecto a Almería, porque abandonó los puestos finales para engrosar los de cabeza, con un fuerte crecimiento.

De forma muy resumida, se van a exponer, a continuación,

los resultados finales obtenidos para los sectores agrarios de ambas provincias.

VI.1. *Almería*

VI.1.1. Progreso técnico

El índice del cambio tecnológico se elevó en un 134,5%, lo que representa un crecimiento medio anual acumulativo del 8,7%, superior al obtenido para la provincia de Sevilla en casi un 20%.

La producción agraria por hora-hombre trabajada aumentó un 252%, adelantando a Sevilla.

VI.1.2. Aportación del capital total

Del análisis de los datos pertinentes, se deduce que, entre el 88,6% y el 95,1% del incremento de la producción por hora-hombre trabajada, es atribuible al cambio tecnológico que el campo almeriense ha llevado a cabo entre 1970 y 1982. Solamente entre el 4,86% y el 11,4% del citado incremento, podemos imputarlo a la intensificación del capital total.

VI.1.3. Impacto de la maquinaria

Al ser la participación media del capital total en la producción agraria, del 18,7% y la de la maquinaria en el capital total es del 3,3%, se infiere que del aumento de la producción imputado al capital total, el 17,6% corresponderá a la maquinaria. Resulta, pues, una contribución de la maquinaria, de aproximadamente un 0,9% (menos del 1%) en el incremento de la producción horaria.

El valor de la maquinaria por unidad de trabajo ha crecido de forma continuada, con un incremento total en el período del 153%, pero con niveles muy reducidos en relación a la provincia de Sevilla y a la media andaluza, en todos los períodos.

VI.1.4. Los gastos de fuera del sector

Su participación en la producción ha sido decreciente hasta el subperíodo 1978-80, en que comienza su recuperación.

La participación media en el capital total es del 13,1% y se le puede imputar, del incremento de la producción relativa al capital total, un 70,1% del mismo. Por ello, a los gastos de fuera del sector le corresponderá el 3,4% del aumento de la producción por hora-hombre trabajada, cerca de cuatro veces lo atribuido a la maquinaria.

En conjunto, el impacto del progreso tecnológico para la provincia de Almería, llega a niveles muy altos, pues más del 95% del incremento de la producción agraria aparece como atribuible a este cambio técnico, valor que observamos está muy por encima de los generales.

VI.2. Sevilla

VI.2.1. El progreso técnico

Para la provincia de Sevilla, el índice del cambio tecnológico aumentó un 100% (100,95%), durante los trece años citados. Dicho incremento supone un crecimiento anual medio acumulativo del 7,3%. Asimismo, la producción agraria por unidad de trabajo, aumentó un 242%.

Se muestra un nivel elevado para la tecnología en general, aunque aparecen dos valores negativos en los períodos 1976-78 y 1978-80, que indican acusados retrocesos.

VI.2.2. Contribución del capital total

Como resultado del análisis de los cálculos realizados, se deduce que entre el 71,2% y el 85,66% del aumento de la producción horaria es imputable al cambio técnico, y entre el 14,3% y el 28,8% de aquel aumento, al incremento del capital total por hora trabajada.

VI.2.3. Efectos de la maquinaria

Puesto que la participación media del capital total en la producción agraria es del 34,28% y la de la maquinaria en el capital total es del 5,55%, resulta que del incremento de la producción atribuido al capital total, el 16,2% corresponderá a la maquinaria agraria. Se infiere, pues, una imputación de un 2,3% del aumento de la producción, a la maquinaria.

Mantiene un sostenido ritmo de crecimiento el valor de la maquinaria por hora trabajada, con un aumento en el período de estudio, de un 183%; por lo que llega casi a triplicarse.

VI.2.4. Impacto de los gastos intermedios

La participación de estos gastos ha experimentado un enorme incremento, con un valor del 67,8%, que es prácticamente el doble que la cifra española y el triple de la relativa a Andalucía.

Sin embargo, hubo un crecimiento constante de esa participación hasta 1973-75, para sufrir luego un estancamiento en los dos subperíodos siguientes e incluso descender, desde 1976-78 hasta 1978-80. En los dos subperíodos finales, la tendencia es ascendente.

La participación media en el capital total es del 10,6%, por lo que se le puede atribuir del aumento de la producción correspondiente al capital total, un 30,98% del mismo; es decir, a estos gastos le corresponderá el 4,4% del incremento de la producción horaria, que es el doble que lo atribuido a la maquinaria.

Estas cifras son muy similares a las españolas.

Finalmente, indicamos que en la provincia de Sevilla también es más importante el impacto del progreso tecnológico que en el total de Andalucía, respecto al incremento obtenido por la producción agraria en los trece años estudiados.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAMOVITZ, M. (1956): «Tendencias de los recursos y producción de los Estados Unidos desde 1870». En Selección de N. Rosenberg, F.C.E., México.
BANCO DE BILBAO: «La Renta Nacional de España». Varios años.

- BANCO DE CRÉDITO AGRÍCOLA (1980): «La inversión en la agricultura, su financiación y su incidencia sobre el empleo».
- BARÓ, E. (1984): «A propósito de algunas medidas de las variaciones de la productividad: Una aplicación a la economía española durante el período 1962-1970». *Papers de Seminari*, 23, Barcelona.
- BROWN, M. (1968): «On the theory and measurement of technological change». N. York.
- BURNS, Y. (1967): «Measuring the effects of irrigation on the rate of technological change». U.S. Dept. Agr.
- DENISON, E.F. (1979): «El crecimiento económico de los Estados Unidos», 1962. F.C.E. México.
- FANJUL, MARAVALL, PÉREZ PRIM Y SEGURA, (1975): «Cambios en la estructura interindustrial de la Economía Española 1962-1970; una primera aproximación». Fundación INI, Madrid.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, A. y otros, (1983): «Progreso Tecnológico y Agricultura». B.C.A., Madrid.
- GRILICHES, Z., (1979): «Las fuentes del crecimiento medido de la productividad: Agricultura de los Estados Unidos de 1940 a 1960». F.C.E. México.
- HEERTJE, A., (1984): «Economía y progreso técnico». F.C.E., México.
- I.N.E.: «Encuestas de población activa». Varios
- I.N.E.: «Censos de Población».
- KLEIN, L., (1966): «An introduction to econometrics». Prentice-Hall, In.
- M.A.P.A.: «Anuario de Estadística Agraria». Varios años.
- M.A.P.A.: «Las cuentas del sector agrario». Varios años.
- MOLINS, J., (1973): «Progreso tecnológico, progreso técnico y desarrollo: una aplicación al caso español». *Cuadernos de Economía*, n.º 1.
- NEVEL, R.O., (1969): «Technological Change in Agriculture». *Agricultural Econ. Rs.*
- PASINETTI, L.L., (1985): «Cambio estructural y crecimiento económico». Pirámide, S.A. Madrid.
- ROSENBERG, N., (1979): «Economía del cambio tecnológico». F.C.E. México.
- SOLOW, R., (1979): «El cambio técnico y la función de producción agregada» F.C.E., México
- WIZARAT, S., (1981): «Technological change in Pakistan's Agriculture: 1953-54 to 1978-79». *The Pakistan Development Review*.

AGRADECIMIENTOS: El autor agradece al Prof. Dr. D. Camilo Le-bón Fernández, Catedrático de Teoría Económica de la Universidad de Sevilla, sus orientaciones en la dirección de la Tesis Doctoral, base de este artículo.

Asimismo, el autor hace constar su agradecimiento al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la ayuda concedida para la terminación de la misma.

RESUMEN

En este trabajo se analiza la cuantificación del progreso tecnológico en la agricultura española, con extensión a Andalucía y a las provincias de Almería y Sevilla

Se sigue la metodología del Profesor Solow, con modificaciones al modelo para su aplicación a la agricultura, a fin de profundizar en el análisis de los impactos o contribuciones de la maquinaria y de los gastos de fuera del sector, en los incrementos de la producción por hora-hombre trabajada.

Los resultados son coherentes con los obtenidos por otros autores para estudios similares.

En la primera parte se destaca el apoyo teórico al método seguido, describiéndose luego el proceso a realizar, para concluir con su aplicación a los sectores agrarios expresados y explicación de las conclusiones derivadas.

RESUME

Dans ce travail il est analysé la quantification du progrès technologique dans l'agriculture espagnole, notamment dans celle de l'Andalousie et des provinces d'Almeria et de Séville.

Pour ce, il a été suivi la méthodologie du Professeur Solow —le modèle ayant été modifié pour son application à l'agriculture— afin d'approfondir dans l'analyse des impacts ou des apports des machines et des dépenses d'en dehors du secteur dans les accroissements de la production par heure/homme travaillée.

Les résultats sont cohérents avec ceux que d'autres auteurs ont obtenus dans des études semblables.

Dans la première partie, il est mis en relief l'appui théorique à la méthode suivie; puis il est décrit le processus à réaliser; et finalement celui-ci est appliqué aux secteurs agricoles en question, les conclusions résultantes faisant également l'objet d'une explication.

SUMMARY

This paper analyses the quantification of technological progress in Spanish agriculture, focusing on Andalusia and the provinces of Almeria and Seville.

The methodology used is that of Professor Solow, although the model is adapted for its application to agriculture, in order to analyse in depth the impact or contributions of machinery and of outside expenditure of the sector, on the increase in output per working hour/man.

The results are consistent with those obtained by other authors for similar studies.

In the first part, the theoretical support of the method used is pointed out, followed by a description of the process to be put into practice, and ending with its application to the agrarian sectors indicated and an explanation of the conclusions drawn.