

---

# Cambio técnico en la industria del automóvil en España (1983-1992). Un estudio de caso

● CARLOS SÁENZ

Centro Universitario de la Defensa

● VICENTE SALAS

Universidad de Zaragoza

## Introducción

El automóvil tiene y ha tenido una gran relevancia en el desarrollo industrial español, por lo cual ha merecido una gran atención por parte de los historiadores económicos españoles.<sup>1</sup> La industria del automóvil representa la avanzadilla en la organización industrial, sistema de fabricación y políticas de recursos humanos en los países desarrollados durante todo el siglo xx,<sup>2</sup> razón suficiente para explicar el interés académico que ha suscitado su estudio en las distintas áreas del conocimiento social y tecnológico.<sup>3</sup> Este trabajo aporta nueva evidencia empírica sobre la industria del automóvil en España, con el estudio detallado de la tecnología de producción de la planta de montaje de automóviles que GM instala en Figueruelas (Zaragoza), en la primera década de su funcionamiento (1983-1992). Los resultados del trabajo indican unos avances en la productividad total de los factores de la planta de producción,

1. Entre los trabajos referidos al sector del automóvil en su conjunto, véanse Catalán (2000), García Ruiz (2001, 2003), Carreras y Estapé (2002), Sudriá y San Román (2000). Sobre empresas concretas, véanse Catalán (2006), San Román (1995), Tappi (2007) dedicados a Seat; Fernández Arrufe y Pedrosa Sanz (1997) y Fernández de Sevilla (2010) sobre Fasa-Renault; Estapé (1997) sobre Motor Ibérica; García Ruiz y Santos Redondo (2001) sobre Barreiros.

2. Womack, Jones y Roos (1990).

3. La industria del automóvil aporta nombres de modelos de organización de la producción que han servido de referente para la gestión empresarial en el siglo xx como el fordismo y el toyotismo. Diversos trabajos analizan la penetración de estos modelos de producción en las empresas españolas del automóvil (Babiano Mora 1993, Tappi 2007). El número 315 (1997) de *Economía Industrial* está dedicado monográficamente al sector del automóvil en España con trabajos que cubren la historia, la tecnología y la gestión empresarial.

*Fecha de recepción: mayo 2011*

*Versión definitiva: junio 2012*

*Revista de Historia Industrial*

*N.º 50. Año XXI. 2012.3*

al nivel de los más altos, de entre los estimados para las empresas líderes en la industria mundial del automóvil. A partir de esta evidencia se concluye que las ventajas comparativas del sector en España podrían ir más allá de unos costes laborales relativamente bajos.

La unidad de análisis en este trabajo es la planta de montaje y el estudio se focaliza en la productividad total de los factores (PTF) cuya medición se realiza a partir de un parámetro de progreso técnico neutral incorporado a la función de producción con la que se representa la tecnología. La productividad es un indicador habitual de eficiencia productiva sobre la que se apoyan muchos de los indicadores de competitividad empresarial, tanto en el sector del automóvil como en el resto de los sectores. Sin embargo, el indicador de productividad utilizado en estos trabajos (véase especialmente Pradas Poveda)<sup>4</sup> es la productividad aparente del trabajo (output por trabajador o por hora trabajada), mientras que en nuestro trabajo la productividad se mide por la PTF, calculada como relación entre las unidades producidas y una medida agregada de todos los inputs utilizados en la producción (capital y trabajo en nuestro caso). La PTF es un indicador más cercano a la eficiencia con la que se transforman recursos en producto que la productividad aparente del trabajo, pues esta última puede aumentar o disminuir por razones distintas a una mayor o menor eficiencia, por ejemplo por cambios en la intensidad de capital por trabajador.

Otros trabajos anteriores sobre la industria del automóvil de ámbito internacional utilizan como unidad de análisis la empresa y estiman funciones de producción y parámetros de PTF a partir de datos sobre cantidades de recursos y cifras de producción procedentes de varias empresas y referidos a varios años.<sup>5</sup> Aunque el decantarse por datos de empresa o de planta, el centrarse en una empresa o utilizar datos de diferentes empresas, dependerá de los objetivos del estudio y de la disponibilidad de información, existen claras razones metodológicas para medir la eficiencia productiva al nivel más bajo posible de unidad de producción, realizando estimaciones separadas para cada unidad productiva.

Las empresas del sector del automóvil, como otras muchas, distribuyen la producción en varias plantas, cada una especializada en un número reducido de modelos distintos de vehículo. Cualquier medida de producción referida al conjunto de la empresa deberá calcularse agregando las producciones de las plantas y modelos de vehículos fabricados en ellas. Candidatas a medidas de producción de la empresa son las ventas y/o el valor añadido, ambas en unidades monetarias (euros, dólares, yenes). Para obtener una medida de producción limpia de los efectos monetarios por cambios de precios, por ejemplo, será necesario deflactar ventas o valor añadido, pero encontrar el índice de

4. Pradas Poveda (1997) y (2000).

5. Friedlaender, Winston y Wang (1983); Aizcorbe, Winston y Friedlaender (1987); Darlington, Innes, Mitchell y Woodward (1992); Lieberman y Dhawan (2005).

precios que permita realizar el ajuste con cierta confianza en el resultado final resulta muy difícil porque los deflatores de precios se elaboran a un alto grado de agregación que difícilmente recogerá la mezcla de producción de cada empresa. Cuando la estimación de la función de producción y de la PTF se realiza a partir de datos de empresas distintas, los problemas de agregación y de homogeneidad se multiplican, de manera que, si finalmente se estima una función de producción, resulta difícil saber a qué tecnología realmente corresponden los parámetros estimados.

Nuestro trabajo utiliza datos mensuales de inputs y output procedentes de una misma planta de producción para la que se disponen de unidades homogéneas equivalentes de output en número de automóviles producidos cada mes. Además, durante los años para los que se estima la función de producción propuesta en el trabajo, no hay cambios sustanciales en el modelo de automóvil ni tampoco cambios en la organización del trabajo o inversiones importantes en nuevos equipos de capital. La disponibilidad de datos mensuales permite contar con un número suficiente de observaciones para la estimación econométrica. Además, se conoce que los datos han sido generados en unas condiciones ideales de estabilidad tecnológica, homogeneidad de modelo y unidades físicas de output, para las que teóricamente se define la función neoclásica de producción.

Otro aspecto metodológico importante de destacar se refiere al método de estimación econométrica. El trabajo estima dos formulaciones teóricas de la relación entre inputs y output, cada una de ellas ajustada a las características de los procesos de decisión que siguen los responsables de la planta en asignación de recursos y producción esperada. En este sentido, el trabajo considera dos procesos de decisión diferenciados según el horizonte temporal de cada uno. Uno de ellos, llamado de *medio plazo*, se refiere a decisiones de elección de la tecnología que fija la capacidad productiva de la planta y que permanece constante a lo largo de todo el ciclo productivo.

El proceso de decisión de *corto plazo*, en cambio, es sensible a contingencias externas que obligan a los responsables de la planta a realizar ajustes en los procesos productivos en respuesta a cambios en las condiciones de producción y demanda que se manifiestan en cortos intervalos de tiempo (un mes en nuestro caso). Periodos transitorios de conflictividad laboral, condiciones de estacionalidad en la demanda del producto o en los ritmos de trabajo (distribución de las vacaciones, reorganización de turnos), generan una variabilidad temporal en los valores observados de las variables de producción y uso de recursos que, en la base de datos del estudio, aparece con frecuencia mensual (coincidiendo con el calendario habitual de elaboración de presupuestos y programas de producción en la planta). El resultado final es una relación de largo plazo y otra relación de corto plazo entre las variables dependiente (número de automóviles producidos) y explicativas (trabajadores y stock de capital), en las cuales los parámetros estimados de la tecnología deben ser los mismos para asegu-

rar la validez del modelo. En este sentido, el modelo empírico estimado integra en una misma estimación econométrica las relaciones de corto y de largo plazo entre las variables del modelo, siguiendo la metodología del Mecanismo de Corrección de Error (MCE), desarrollado por Engle y Granger.<sup>6</sup>

Los resultados del análisis econométrico son consistentes con las hipótesis sobre los dos niveles de decisión empresarial que están detrás de las relaciones observadas entre cantidades de inputs utilizados y output producido mes a mes durante los años del estudio. Las estimaciones realizadas no rechazan la hipótesis de rendimientos constantes a escala en la tecnología de producción, con una elasticidad del output con respecto al trabajo aproximadamente el doble que la elasticidad del capital. Por otra parte, se estima una tasa de crecimiento medio de la PTF del 0,5% mensual en el periodo de tiempo estudiado. Estos resultados son coherentes con los valores observados de los componentes de costes del capital y del trabajo, son robustos a las especificaciones econométricas y están en línea con valores estimados en otros estudios internacionales. Por tanto, el trabajo ofrece una evidencia empírica novedosa, obtenida a través de métodos econométricos homologados para el tipo de datos disponibles, sobre una planta de producción de automóviles en España que ha tenido un papel importante en la consolidación de la industria española.

El resto del trabajo se organiza como sigue. El apartado segundo presenta una breve historia de la planta objeto de estudio desde el inicio de su construcción y en los primeros diez años de funcionamiento, así como la descripción de los datos para el estudio. El apartado tercero describe la modelización empírica de las relaciones entre las variables de la función de producción y muestra los resultados de la estimación de los parámetros de la tecnología. El apartado cuarto hace una valoración de los resultados en el contexto de otros estudios previos de la literatura. Las conclusiones destacan la relevancia del trabajo para el conocimiento de la industria del automóvil en España y las posibilidades que ofrece la metodología del trabajo para el estudio de la historia industrial.

### **Breve historia de la planta automovilística y descripción de las variables de recursos y producción**

La planta de montaje de GM en Aragón comienza su construcción en 1978 e inicia la producción de automóviles en el año 1982. Sucede a una serie de entradas previas de fabricantes extranjeros en España (Fiat-Seat y Fasa-Renault en los cincuenta, Citroën, Chrysler y Audi en los sesenta, Ford en los setenta; con posterioridad es de destacar la llegada de Volkswagen a Navarra). La planta se planifica para producir un vehículo utilitario de reducidas dimensiones.

6. Engle y Grauger (1987). Véase también Maddala y In-Moo Kim (1998).

Inicialmente la planta funciona con un único turno y emplea a trabajadores con poca o nula experiencia en la fabricación de automóviles y sus componentes, e incluso con poca experiencia en tareas de manufactura en general. La empresa matriz contrató a 5.133 personas (cerca del 1% de la población en un radio de veinte kilómetros) aunque, en previsión de futuras ampliaciones de plantilla, los planes de formación iniciales beneficiaron a más de 7.000 trabajadores. En los inicios de la producción se cuenta con buen número de trabajadores y técnicos provenientes de otras plantas del grupo, los cuales son sustituidos a medida que se dispone de más personal cualificado de procedencia local. Desde el principio una parte importante de la producción se destina a la exportación y por tanto a mercados exigentes en calidad y fiabilidad de los automóviles.

En 1983 se ha avanzado significativamente en la sustitución del personal extranjero por personal local y se pone en marcha un segundo turno de producción. También es el año en que la empresa matriz implanta una red comercial propia en España. Al final de 1983 la plantilla total es de 8.906 personas a las que se sigue formando, ahora con especial incidencia en gerencia y directores funcionales. En 1984 se alcanza la producción de 259.991 automóviles, cifra que cumple ya con los planes de producción elaborados inicialmente. Los resultados financieros en estos tres años iniciales fueron negativos, debido al peso que representa el inmovilizado y a la utilización solo parcial de la capacidad instalada.

La recogida de datos de producción, número de automóviles, y cantidades de inputs utilizados (trabajo y capital) para la elaboración de este estudio se inicia en el segundo semestre de 1984, cuando la producción comienza a estabilizarse después de los ajustes inevitables de los primeros años. Se evitan así observaciones de los meses en los que la actividad de producción se realiza simultáneamente con la instalación de maquinarias y equipos, las personas todavía no han alcanzado el nivel de cualificación y formación deseadas, y la utilización de la capacidad instalada es muy reducida.

En 1985, para sostener la demanda y mantener los objetivos de producción la empresa, primero, realiza fuertes inversiones en publicidad y, segundo, al demostrarse insuficiente, entra en una guerra de precios con los competidores. Durante el ejercicio de 1987 se produjo una importante huelga que redujo notablemente la capacidad productiva anual. Paradójicamente fue este mismo año cuando por primera vez la planta presentó beneficios contables positivos, aunque insuficientes para compensar las pérdidas acumuladas de años anteriores. Esta mejora en los resultados de la empresa vino propiciada por un mercado nacional de vehículos en expansión y por una evolución favorable de los mercados monetarios y de divisas, que supusieron un aumento en la cifra de ventas y una importante reducción en las cargas financieras. Otro factor determinante fue la aplicación de la estrategia dirigida a mejorar la estructura de costes de los proveedores, incluyendo fuentes de suministros. Todo lo cual repercutió favorablemente en los costes de materiales directos.

En 1988 continuó la tendencia expansiva iniciada en 1985 con una evolución favorable de la economía española, lo que hizo que el sector del automóvil consiguiera superar las cotas alcanzadas en el año anterior. Se reforzó la posición en el mercado nacional, alcanzando la segunda posición en cuanto a ventas totales y se mantuvo el primer lugar en ventas de vehículos importados. Ese año finalizó también el proceso de contratación de personal necesario para la puesta en marcha del tercer turno y se repitieron los beneficios positivos. A ello contribuyeron tanto un aumento de los ingresos, por la expansión de la demanda en el mercado interior y exterior, como una disminución de los gastos, por la tendencia favorable del tipo de cambio, la reducción de aranceles y los ahorros de costes de los proveedores.

En 1990 el sector del automóvil se vio especialmente afectado por unas circunstancias adversas, que en el caso de España se agravaron por el mantenimiento de medidas económicas restrictivas que contribuyeron a invertir la tendencia de crecimiento que mantenía el mercado desde 1986. Un menor crecimiento en el PIB y un fuerte enfriamiento de la demanda interna marcaron la situación del mercado interior. De 1990 a 1992 es una época de crisis internacional. Pero todo esto fue contrarrestado mediante la preocupación por mejorar su seguimiento de la productividad. Un claro exponente de esta actitud es la puesta en marcha del instituto ergonómico, así como la del programa de sugerencias, que permite participar a todo el personal en la mejora de la empresa.

En 1992 la producción descendió en un 4,06% en relación con el ejercicio anterior. Este descenso se explica porque había que realizar modificaciones en la planta para prepararla para el nuevo modelo. De acuerdo con el planteamiento teórico del modelo de función de producción propuesto para este trabajo, el cambio del modelo de automóvil y otras modificaciones importantes del proceso productivo deben reflejarse en cambios en los parámetros (elasticidades) de la función de producción y no solo en cambios en el nivel de partida de la productividad. Teniendo en cuenta esta restricción, la serie de datos y el periodo de estimación del modelo termina en marzo de 1992, antes de los cambios preparatorios del nuevo modelo (este llega al mercado en enero de 1993). Esto significa que se disponen de un total de 91 observaciones para otros tantos meses de actividad.

### *Medición de las variables*

La calidad de los datos en la medición de los inputs y el output de la planta resulta crítica para el buen resultado final. Por ello se pidió y se obtuvo la máxima colaboración del personal de la empresa para conocer qué series tenían menos distorsiones y ofrecían una información más fiable de lo que realmente había sucedido en la compañía. Se buscaban medidas ex-ante con regularidad mensual, a poder ser evitando la distorsión vía precios de la producción, del capital y del trabajo.

La medición del output fue relativamente sencilla porque la empresa tenía identificada una medida física de output en unidades homogéneas de un automóvil estándar, que se utilizaba para el control interno de la actividad, incluidos los análisis de costes. El número de unidades mensuales de «automóvil tipo» responde perfectamente a la medida de output en unidades físicas (sin la distorsión que introducen los precios) homogéneas que aparece en la función de producción que se desea estimar.

Las unidades de trabajo empleadas en la producción se miden por el número de trabajadores equivalentes de jornada completa (ocho horas). La valoración de la calidad del factor no es problemático si no se produce una alta rotación, y una vez alcanzado cierto nivel ya no se producen aumentos adicionales importantes en la formación de los trabajadores. En este caso, la rotación es muy baja ya que el prestigio de la compañía y sus salarios son referente inevitable en la zona y, por lo tanto, todas las variaciones en la cantidad de este factor son del personal menos cualificado, necesario en los momentos de mayor producción. La formación continua que se ofrece a los trabajadores es únicamente de mantenimiento.

El capital productivo se ha estimado a partir del inmovilizado material contabilizado en el balance de la empresa, expresado en pesetas constantes de 1983. Para corregir el efecto de la variación de los precios de los bienes de capital en las unidades físicas de inmovilizado se utiliza como deflactor el índice de precios de productos industriales publicado por el INE. La amortización del inmovilizado es la que aplica la empresa en su contabilidad y por lo tanto supondremos que esta amortización aproxima el deterioro por el uso de máquinas y los equipos. Los precios industriales con los que se deflacta el inmovilizado incorporan cambios en la calidad de los bienes de capital en el tiempo; por tanto, con los índices de precios utilizados para expresar el inmovilizado material a precios constantes se consigue también corregir, al menos parcialmente, por diferencias en la calidad de los bienes de capital que se van incorporando a la planta de producción.

Los promedios semestrales de los valores mensuales de las variables dentro del periodo de estudio, desde septiembre de 1984 hasta marzo de 1992 (total de 91 meses), tiempo que se mantiene la fabricación del primer modelo básico de utilitario, se muestran en el cuadro 1.<sup>7</sup> Se advierten cambios en los ritmos de crecimiento de los recursos empleados y del nivel de producción,

7. Se plantea la estimación de este modelo con unos datos seleccionados tras haber rechazado otros que se ensayaron inicialmente, que diferían en la medición del capital o en la desagregación del factor trabajo. Se probó con el inmovilizado material medido en unidades físicas de producción homogéneas obtenidas por el cociente entre el valor monetario del inmovilizado y el precio unitario de la producción de cada año, pero esta alternativa fue desechada. También se ha desechado una desagregación del factor trabajo semejante a la utilizada por Hildebrand y Liu (1965), haciendo una distinción entre trabajadores directamente productivos, trabajadores indirectamente productivos y ejecutivos.

**CUADRO 1** • *Medias por semestre de los valores mensuales de las cantidades de Trabajo (número de trabajadores en jornada completa equivalente), Capital (stock de inmovilizado al final del mes anterior a precios constantes) y Producción (número de automóviles estandarizados)*

Año	Semestre	Trabajo	Capital	Producción
1984	2.º	8.367	107.788	21.878
1985	1.º	8.295	126.818	23.856
1985	2.º	8.238	129.009	22.313
1986	1.º	8.160	130.400	26.898
1986	2.º	8.065	130.845	24.373
1987	1.º	8.112	131.156	23.859
1987	2.º	8.259	131.922	25.742
1988	1.º	8.999	132.800	32.264
1988	2.º	9.125	133.698	27.938
1989	1.º	9.106	134.286	34.444
1989	2.º	9.242	135.933	28.685
1990	1.º	9.357	135.742	34.893
1990	2.º	9.424	125.820	28.895
1991	1.º	9.357	128.272	34.891
1991	2.º	9.300	132.360	30.852
1992	1.º	9.257	142.494	34.272

*Fuente:* Los datos han sido suministrados por la compañía en estudio. La valoración de los datos ha sido desarrollada en párrafos anteriores.

coincidiendo en algunos casos con la introducción de turnos sucesivos de trabajo. Las fluctuaciones en los niveles de producción ocurren mes a mes así como entre el primer y el segundo semestre del año. Se aprecia en cualquier caso el aumento en la productividad aparente del trabajo y del capital a lo largo del periodo estudiado. En el caso de la primera, por ejemplo, en el año 1984 la planta produce algo más de 31 automóviles por trabajador, mientras que en 1990 la cifra se eleva hasta casi 41 automóviles por trabajador.

Las comparaciones de estos resultados con los obtenidos en estudios de otras plantas y empresas, se ven complicadas por la dificultad de encontrar situaciones suficientemente homogéneas para que la comparación tenga sentido. Sin embargo, algunos datos dispersos señalan que en 1980 Seat producía menos de 11 automóviles por trabajador.<sup>8</sup> Por otra parte, Pradas Poveda aporta la cifra de unos 25-30 automóviles por trabajador como medida de produc-

8. Tappi (2007).



tividad media de las empresas de automóvil en España.<sup>9</sup> Esas cifras sugieren que la planta objeto de estudio en este trabajo alcanza unos elevados niveles comparativos de productividad aparente del trabajo, aunque debe insistirse que mantener la rigurosidad requeriría limitar las comparaciones a plantas homogéneas en cuanto a características del producto final (compacto), intensidad de capital y tecnología.

## Estimación de los parámetros de la función de producción

### *Formulación del modelo empírico*

La formulación del modelo empírico a partir del cual se realiza la estimación de los parámetros de la función de producción, sigue las etapas razonables de diseño de la planta de producción. En primer lugar se decide sobre la tecnología de producción, que razonablemente se acercará al estado del arte sobre el conocimiento del montaje de automóviles en aquel momento del tiempo (recuérdese que la planta pertenece a un grupo multinacional líder en el sector). Una vez construida la planta, e incorporada la tecnología, se decidirán los volúmenes de producción por unidad de tiempo, así como los recursos necesarios para la misma. Para reflejar que las relaciones entre los valores observados de recursos empleados y el número de automóviles producidos será el resultado de decisiones en dos etapas, el modelo empírico que hay que estimar incluye, a la vez, relaciones a largo plazo y relaciones a corto plazo entre las variables.

La tecnología de largo plazo sobre la que se diseña la planta de producción se expresa por una función de producción Cobb-Douglas con dos recursos, capital y trabajo, y un output, capacidad de montaje de automóviles del modelo elegido por unidad de tiempo:

$$Q_t = A e^{\theta t} K_t^\alpha L_t^\beta \quad (1)$$

donde  $Q$  es el nivel de output por unidad de tiempo  $t$ , y  $K$  y  $L$  son las cantidades de servicio de los inputs de capital y trabajo; la constante  $A$  determina el nivel de *PTF* de partida y el exponente  $\theta$  es un parámetro que mide la tendencia media a la que varía la *PTF* en el tiempo. Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  son las elasticidades del output a variaciones del capital y del trabajo. Los parámetros de elasticidad del output, el nivel inicial de *PTF* y el crecimiento en el tiempo de la misma, constituyen los principales parámetros que representan la tecnología de producción. A partir de ellos se pueden conocer propiedades de la tecnología de interés económico, como el ritmo de progreso técnico en la producción,

9. Pradas Poveda (2000).

a través de  $\theta$ , y el grado de economías de escala (se contrasta si la suma de  $\alpha$  y  $\beta$  es igual a la unidad, lo que supondría rendimientos constantes a escala).

Tomando logaritmos la función de producción se escribe como una relación lineal entre las variables de producción y recursos utilizados:

$$\ln Q_t = \ln A + \theta t + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t$$

Donde  $\ln$  indica logaritmo. Con las variables transformadas la ecuación anterior se escribe como:

$$q_t = a + \theta t + \alpha k_t + \beta l_t \quad (2)$$

La ecuación (2) es el modelo empírico que representa las relaciones de medio-largo plazo entre las variables de recursos y producción, que en nuestro caso incluyen el periodo en el que la tecnología de producción se va a mantener invariable mientras se fabrica el modelo de automóvil previsto para la planta. Sin embargo, las decisiones de producción y uso de recursos se ajustan en el tiempo en respuesta a contingencias cambiantes, dentro de las posibilidades que permite la tecnología envolvente. Para tener en cuenta esta doble relación se formula un modelo integrado de relaciones de largo y de corto plazo entre variables, acorde con la formulación econométrica que propone el método del Mecanismo de Corrección de Error.<sup>10</sup> El modelo completo que hay que estimar en una sola etapa y que tiene en cuenta la información disponible sobre las contingencias principales que condicionan las decisiones a corto plazo en la gestión de la planta, es el siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta q_t = & \varphi_0 + \varphi_1 (q_{t-1} - a - \theta(t-1) - \alpha k_{t-1} - \beta l_{t-1}) + \sum_{i=1}^{12} \phi_{i+1} \Delta q_{t-i} + \sum_{i=0}^{12} \phi_{i+14} \Delta k_{t-i} + \\ & + \sum_{i=0}^{12} \phi_{i+27} \Delta l_{t-i} + \sum_{i=1}^3 \xi_i DH_{it} + \sum_{i=1}^7 \xi_{i+3} DV_{it} + \xi_{11} DT_{it} + U_t \end{aligned} \quad (3)$$

Las variables  $q$ ,  $k$  y  $l$  representan, respectivamente, el número de automóviles producidos, el stock de capital y el número de empleados, todos expresados en logaritmos.  $\Delta$  es el operador de diferencias, es decir,  $\Delta q_t$  representa la diferencia entre  $q_t$  y  $q_{t-1}$ . De forma que si  $q_t$  es el logaritmo del número de vehículos producidos en el periodo  $t$ ,  $\Delta q_t$  es la tasa de crecimiento de la producción en el periodo  $t$ . El parámetro  $\alpha$  representa la elasticidad del capital. El término  $a(t)$  es el logaritmo de la PTF en el periodo  $t$ ,  $a(t) = \ln A(t)$ . Las variables  $DH$ ,

10. Engle y Granger (1987).

$DV$  y  $DT$  son variables ficticias que recogen el impacto de las alteraciones en la normal actividad de la planta de ensamblaje: ( $DH$ ) representa días de huelga, ( $DV$ ) diferencias en la planificación de días laborables en el mes y ( $DT$ ) periodos con cambio en el número de turnos. La información sobre estos eventos y su duración se obtiene de los archivos de la empresa. Finalmente,  $U_t$  es el término de error cuyo comportamiento es el de un ruido blanco.

A continuación se describen cada uno de los bloques que conjuntamente componen la ecuación (3). El término  $(a + \theta(t - 1) + \alpha k_{t-1} + \beta l_{t-1})$  recoge la relación de medio plazo entre la producción y los recursos, con las variables en logaritmos. La diferencia  $\{q_{t-1} - a - \theta(t - 1) - \alpha k_{t-1} - \beta l_{t-1}\}$  es la desviación entre el valor real de la producción en logaritmos,  $q_{t-1}$ , y el valor predicho por el modelo de medio plazo. El parámetro  $\phi_t$  es la velocidad a la que convergen los valores observado y predicho del nivel de producción; un valor negativo del parámetro es indicativo de que las variables del modelo están cointegradas.

El término  $\sum_{i=1}^{12} \phi_{i+1} \Delta q_{t-i} + \sum_{i=0}^{12} \phi_{i+14} \Delta k_{t-i} + \sum_{i=0}^{12} \phi_{i+27} \Delta l_{t-i}$  recoge las relaciones

de corto plazo entre recursos y producción; entran en el modelo para incorporar información sobre variaciones no anticipadas en la producción, en la cantidad del trabajo y en la de capital. La relación de corto plazo considera genéricamente una estructura de 12 retardos de las variables, los parámetros que

hay que estimar  $\phi_{i+T}$ . Finalmente,  $\sum_{i=1}^{12} \xi_i DH_{it} + \sum_{i=1}^{12} \xi_{i+3} DV_{it} + \xi_{11} DT_t$  son las

perturbaciones del proceso que se deben a sucesos anticipados con antelación por los directivos de la planta y por tanto a partir de ellos se toman decisiones de gestión; por ejemplo anuncios de huelga por parte de los trabajadores, vacaciones, cambios de turno, etc. Los coeficientes  $\xi_{i+M}$  son los parámetros que hay que estimar.

### *Propiedades estadísticas de las series temporales*

Previamente a la estimación econométrica se realizan los contrastes estadísticos sobre las propiedades de las variables del modelo. En primer lugar se analizan las series temporales mensuales de número de trabajadores, stock de capital y vehículos producidos, en previsión de una posible estacionalidad en los valores de las mismas. Aunque el tratamiento de la estacionalidad en los modelos de series temporales permite diversas soluciones, en este caso se opta por el filtrado de las series de las variables originales previa transformación de las mismas en logaritmos. El programa de filtrado utilizado para eliminar la estacionalidad es el x11. Los valores alisados de las variables difieren de los no alisados sobre todo en la variable de número de automóviles producidos en el

mes correspondiente, indicando que esta es la variable más estacional. La observación de las series después de pasar por el filtro permite detectar perturbaciones de otra naturaleza que se incorporan al modelo con variables ficticias. Por ejemplo, la caída de la producción de abril, mayo y junio de 1987 a consecuencia de una prolongada huelga.

En segundo lugar se realiza un análisis estadístico preliminar de las variables mensuales en logaritmos, una vez eliminada la estacionalidad. Los resultados ponen de manifiesto que las tres, producción, capital y trabajo, son variables integradas de orden uno y, por lo tanto, no estacionarias. En cuanto al test de cointegración se realizan dos contrastes: el de Engle-Granger y el de Johansen.<sup>11</sup> El primero rechaza la hipótesis nula de que el residuo de la relación de cointegración es integrado de orden uno o superior, con valor  $p$  asintótico de 0,04. Por otra parte, el test de Johansen rechaza la hipótesis de inexistencia de relaciones de cointegración, y no rechaza la existencia de una única relación de cointegración.

### *Resultados de la estimación*

La estimación de la ecuación (3) incluye una validación econométrica del modelo seleccionado. En este sentido, se comprueba que las perturbaciones aleatorias cumplen las hipótesis que garantizarían la esfericidad del modelo, esto es, que no queda ningún componente sistemático en la perturbación aleatoria. Para ello, se realiza un análisis de la estacionariedad de los residuos aplicando los mismos contrastes que los utilizados para las variables originales del modelo.<sup>12</sup> Seguidamente se efectúa una visualización gráfica de los residuos para identificar posibles valores extremos y se llevó a cabo el test del residuo normalizado externo. Se identificó un único valor extremo en el mes número 82. Realizadas las indagaciones pertinentes con los responsables de la empresa, se supo que en ese mes, junio de 1990, se contabilizó la amortización de herramientas especiales. Este hecho se tiene en cuenta incorporando al modelo empírico la correspondiente variable ficticia.

Finalmente se contrastan las propiedades estadísticas de la perturbación aleatoria, concretamente ausencia de autocorrelación en los residuos (test de los Multiplicadores de Lagrange,<sup>13</sup> homocedasticidad de los residuos (test ARCH de Engle<sup>14</sup> y normalidad de los residuos (contraste Jarque-Bera).<sup>15</sup> Las hipótesis nulas de ausencia de correlación, homocedasticidad y normalidad no se rechazaron en ningún caso ( $p > 0,05$ ).

11. Engle y Granger (1987) y Johansen (1988).

12. Los detalles técnicos de este contraste pueden verse en MacKinnon (1991).

13. Breusch (1978).

14. Engle (1982).

15. Jarque-Bera (1987).

**CUADRO 2** • Estimación de la ecuación (3)

Estimación del modelo MCE								
Tecnología de Medio Plazo			Relación de Corto Plazo			Perturbaciones anticipadas del proceso		
Variable	Coef. Estim.	t-ratio	Variable	Coef. Estim.	t-ratio	Variable	Coef. Estim.	t-ratio
Capital ( $\alpha$ )	0,388	16,173	$\Delta q_{t-2}$	0,189	3,862	Alteración Turno $DT_1$	-0,068	-2,245
Trabajo ( $\beta$ )	0,612	25,514	$\Delta q_{t-6}$	0,157	2,955	Alteración Huelga $DH_{1t}$	-0,272	-5,548
Progreso Técnico ( $\theta$ )	0,0049	4,536	$\Delta k_{t-3}$	1,071	2,875	Alteración Huelga $DH_{2t}$	-0,340	-7,301
Término de corrección de error ( $\varphi_1$ )	-0,175	-2,593	$\Delta k_{t-8}$	0,501	2,323	Alteración Huelga $DH_{3t}$	-0,161	-4,516
			$\Delta l_{t-1}$	0,754	2,774	Alteración Calendario $DV_{1t}$	0,070	2,405
			$\Delta l_{t-5}$	0,849	3,104	Alteración Calendario $DV_{2t}$	0,145	4,930
			$\Delta l_{t-9}$	-0,729	-2,219	Alteración Calendario $DV_{3t}$	-0,208	-6,944
						Alteración Calendario $DV_{4t}$	0,080	2,779
						Alteración Calendario $DV_{5t}$	-0,133	-4,564
						Alteración Calendario $DV_{6t}$	-0,188	-6,404
						Alteración Calendario $DV_{7t}$	0,268	8,843

Estimación realizada por MNL

 $R^2_c = 0,855285$ 

N.º de Observaciones 91

Los resultados de la estimación se muestran en la tabla 2, separados en tres bloques que se corresponden con las tres partes del modelo empírico: parámetros de la tecnología de medio plazo, primera columna, parámetros de las relaciones de corto plazo (coeficientes estadísticamente significativos), segunda columna, y perturbaciones anticipadas del proceso, tercera columna. La estimación se realiza bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala al no haberse rechazado la hipótesis nula de  $\alpha + \beta = 1$  en la estimación separada de modelo de medio plazo (ecuación 2).

De acuerdo con los resultados que se muestran en el cuadro 2, los valores estimados de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta = (1 - \alpha)$  son 0,39 y 0,61, respectivamente. Esto significa una elasticidad del output al capital y al trabajo de 39% y 61%, respectivamente. El parámetro  $\theta$ , que mide la tasa media de crecimiento en la PTF, muestra un valor estimado positivo y significativo igual a 0,0049;

es decir la productividad total de los factores crece a una tasa media mensual del 0,49%. Otro parámetro relevante es el coeficiente de los residuos de la ecuación de medio plazo (parámetro de ajuste  $\phi_1$ ): el valor estimado de  $\phi_1$  es negativo y es significativo,  $-0,1752$ . Este resultado es coherente con la existencia de cointegración entre las variables. El signo negativo del coeficiente de ajuste asegura convergencia, es decir, desviaciones de los valores de producción marcados por la tecnología de medio plazo, se corrigen para volver a la senda de la tecnología. El tiempo necesario para la convergencia es entre cinco y seis meses.

La estimación obtiene coeficientes estadísticamente significativos para las variables del modelo de corto plazo, segundo bloque, con los siguientes retardos: dos y seis en la variable dependiente (producción); tres y ocho en la variable de capital y uno, cinco y nueve en la variable trabajo. En cuanto a los efectos sobre la producción de sucesos conocidos con antelación por la dirección de la planta, tercera columna, se comprueba la significación estadística de los coeficientes estimados para los sucesos de huelga, vacaciones e incorporación de un nuevo turno de trabajo.

### **Valoración de los resultados**

Este trabajo contribuye al estudio de las tecnologías de producción a través de una modelización y estimación empírica de los parámetros que sintetizan la tecnología de una planta de montaje de automóviles, perteneciente a una empresa multinacional, en sus primeros años de actividad. Los estudios sobre estimación de funciones de producción en la industria del automóvil han utilizado, sobre todo, datos referidos a diferentes empresas automovilísticas, cada una fabricando múltiples y variados productos en varias plantas y distintas localizaciones. Bases de datos de estas características permiten realizar comparaciones de productividad y/o progreso técnico entre empresas y/o mercados (países), pero tienen sus limitaciones derivadas de la heterogeneidad de los datos que se agregan (por planta, productos y países), hasta llegar a indicadores de output monetario como las ventas o el valor añadido. La teoría de la función neoclásica de producción, sin embargo, define una tecnología para un producto homogéneo expresado en unidades físicas y que se obtiene de un proceso productivo para el que existe una fundamentada relación entre recursos empleados y producción resultante.

Este trabajo, en cambio, utiliza datos de producción y recursos utilizados referidos a una planta de producción; el output se mide en unidades físicas y existe constancia de que la tecnología envolvente no cambia en el periodo de tiempo para el que se realiza el estudio, como tampoco cambia el modelo de producto fabricado. Las limitaciones más importantes del análisis con datos

a nivel de empresa, por razones de heterogeneidad y complicaciones de agregación, quedan superadas. Además, al disponer de datos mensuales, tiene sentido formular un modelo empírico con tres bloques de relaciones: tecnología de medio plazo, relaciones de corto plazo por decisiones de gestión cuyas razones no se pueden identificar, y sensibilidad de la variable de producción a respuestas de gestión por sucesos anticipados por la dirección; las tres se estiman simultáneamente en el mismo modelo a través de estrategias de estimación econométrica, como el mecanismo de corrección de error, que mejoran la eficiencia de las estimaciones, dan robustez a los resultados y permiten realizar comparaciones en la gestión de aquellos momentos.

En este apartado de discusión de resultados se valoran los resultados que aparecen en el cuadro 2, en el contexto de los obtenidos en otros estudios, principalmente Lieberman, Lau y Williland y Lieberman y Dhawan.<sup>16</sup> Las comparaciones con otros estudios sobre el sector del automóvil en España no son factibles porque no existen estimaciones de la función de producción como las que aquí se presentan. La comparación se centra en los principales parámetros de la tecnología, las elasticidades del output a variaciones en las cantidades de recursos y el parámetro de progreso técnico.

Es bien sabido que la minimización de costes por parte de las empresas en las decisiones sobre las cantidades de recursos que hay que emplear en la producción de una cantidad dada de output, implica que la proporción de los costes totales imputable a cada recurso será igual a la elasticidad del output con respecto a ese mismo recurso. Comparamos, pues, las estructuras de costes de capital y trabajo en empresas automovilísticas a partir de datos obtenidos en otros trabajos, principalmente de Estados Unidos y Japón, con la estructura de costes en la planta objeto de estudio, y con los valores previstos para esta estructura según las elasticidades estimadas, cuadro 3.

En los tres casos comparados los costes del trabajo representan una mayor proporción de los costes totales que el coste del capital, lo cual es coherente con la circunstancia de que las empresas de automóvil en general, y la planta de nuestro estudio en particular, realizan sobre todo actividades de montaje y externalizan buena parte de la fabricación de componentes. Por ello, su grado de mecanización es relativamente bajo y la tecnología, relativamente trabajo intensiva. En segundo lugar, el cuadro muestra que existen diferencias en la intensidad de factores entre los fabricantes de Japón y de Estados Unidos, siendo más capital intensivo los primeros que los segundos; la planta española se acerca a los niveles de costes relativos propios de las empresas de Estados Unidos.

16. Lieberman, Lau y Williland (1990) y Lieberman y Dhawan (2005).

**CUADRO 3 • Reparto de los costes totales entre costes del trabajo y costes del capital**

	<b>Retribución al trabajo</b>	<b>Retribución al capital</b>
Empresas estadounidenses	71%	29%
Empresas japonesas	58%	42%
Caso en estudio	68%	32%

*Fuente:* Los datos de empresas estadounidenses y japonesas, proceden de Lieberman, Lau y Williard (1990). Los datos del caso en estudio se han obtenido mediante elaboración propia.

Por otra parte, las proporciones de costes que aparecen en el cuadro 3 para la planta española se acercan mucho a las elasticidades estimadas de 0,39 para el recurso capital y 0,61 para el recurso trabajo, lo cual confirmaría que las asignaciones de recursos de capital y trabajo se habrían realizado bajo el criterio de minimización de costes.<sup>17</sup>

El segundo resultado que se somete a comparación con los de otros estudios es el del valor estimado para el parámetro que mide la tasa de progreso técnico neutral, cuadro 4. La tasa media de crecimiento en la productividad total es menor entre las empresas de Estados Unidos que entre las empresas de Japón. Para la planta que ha sido objeto de estudio, la tasa media anual estimada está en el 6% (tasa equivalente anual a una tasa mensual constante del 0,49% estimada en el modelo). Esta cifra estaría más cerca de los valores obtenidos en las empresas japonesas, a pesar de que la planta pertenece a un grupo multinacional norteamericano; los resultados de esta comparación deben matizarse por la circunstancia de que los datos de crecimiento de la PTF para el resto de las empresas proceden de empresas y no de plantas de producción como en nuestro caso.<sup>18</sup>

17. Lieberman y Dhawan (2005) estiman una elasticidad del output sobre el capital de 0,364 (modelo 1 de la tabla 2 de su publicación) para el conjunto de empresas de Estados Unidos y Japón, que está entre los valores de las proporciones de costes de capital obtenidos para estas empresas y por tanto se trata de un valor que no contradice tampoco la hipótesis de minimización de costes para estas empresas.

18. Lieberman y Dhawan (2005) estiman una tasa media de crecimiento anual en la productividad total entre 2,5 y 3% para una muestra conjunta de empresas japonesas y norteamericanas, y de 4,3% para solo empresas japonesas (periodo 1964-1997).



**CUADRO 4** - *Tasa media estimada (%) de crecimiento en la productividad total de los factores (progreso técnico neutral)*

	Periodo	Cto. Anual PTF
GM	50-87	2,0
Ford	50-87	2,1
Chrysler	50-87	2,7
Toyota	50-87	6,0
Nissan	50-87	5,2
Mazda	50-87	5,7
Caso en estudio	84-92	6,0

*Fuente:* Los datos de GM, Ford, Chrysler, Toyota, Nissan y Mazda proceden de Lieberman, Lau y Williard (1990). Los datos del caso en estudio se han obtenido mediante elaboración propia.

La metodología de estimación combinando la información de los ajustes de corto plazo con las características estructurales del medio plazo, añade información relevante para identificar algunas decisiones de la gestión regular de la actividad productiva, a partir de los valores estimados para los coeficientes de las variables dicotómicas. Junto con la tendencia general de crecimiento de la PTF, el modelo detecta factores de corto plazo que influyen en la producción, entre ellos las variaciones en periodos anteriores de la propia producción, del empleo y del capital. En este sentido, la parte de corto plazo del modelo estimado detecta actuaciones y ajustes de 1 y 5 retardos en el factor más flexible que es el trabajo, siempre positivos. El origen de este efecto positivo sobre el output puede estar en el aprendizaje de los trabajadores eventuales, cuyo rendimiento aumenta después de varios periodos.<sup>19</sup> En cuanto al retardo de 9 periodos del trabajo seguramente es producto de la legislación laboral que impedía la contratación de eventuales por un periodo superior a 9 meses; la variación aparece con signo negativo. Los retardos aparecidos en el capital tienen su origen en prácticas contables del departamento financiero. Sin embargo, el hecho de que se hayan detectado estos efectos retardados refuerza la capacidad explicativa de la metodología utilizada.

Los coeficientes estimados para las variables dicotómicas están indicando el impacto porcentual sobre el output que supuso la puesta en marcha del tercer

19. La sensibilidad de la producción corriente a decisiones pasadas sobre las cantidades de recursos podría explicarse en parte por el método de producción ligera empleado en automoción, que obliga a acomodar la producción a los niveles de demanda que se generan en los puntos de venta, para con ello reducir costes de stocks y evitar producciones innecesarias.

turno (con una reducción de un 7% en la productividad total durante 1 mes), y la huelga de 1987 (con una pérdida del 27% en abril, del 34% en mayo y del 16% en junio). Por otra parte, el efecto de las vacaciones en el nivel de eficiencia productiva es muy diverso, pues depende de las fechas de la Semana Santa, volumen de cambios introducidos en estas fechas, acierto en las puestas en marcha, etc. Por lo tanto aparecen tanto efectos positivos como negativos.

## Conclusión

En su análisis de las ventajas comparativas del sector del automóvil en España, en un contexto internacional, Catalan distingue tres periodos de tiempo: antes de 1936, entre los años cincuenta y sesenta y a partir de la década de los setenta.<sup>20</sup> Cada uno de los periodos tiene características diferenciadas y sobre el tercero y último, en su análisis, este autor escribe lo siguiente: «En el periodo de 1973-1996, de protagonismo exportador de las plantas españolas, las variables decisivas fueron la acumulación de experiencia fabril y comercial, la localización en Europa occidental y los costes relativos del trabajo, que atrajeron a Ford, Opel o Volkswagen. El proceso se benefició del consenso favorable al ingreso en la Comunidad Europea y de las estrategias externalizadoras de las empresas tendentes a reducir costes».<sup>21</sup>

La planta de producción de automóviles que ha sido objeto de estudio en este trabajo inicia su andadura en los años 1982-1993 con el primer modelo utilitario destinado al mercado interior español pero sobre todo al mercado exterior. La planta se instala en una comarca predominantemente agrícola, de escasa tradición automovilística, y por tanto sin red previa de proveedores, aunque sí con tradición manufacturera a unos pocos kilómetros de distancia. Además de las razonables ventajas de costes salariales que ofrecía el mercado de trabajo local, importantes en una actividad relativamente trabajo intensiva, como pone de manifiesto la estructura de costes de capital y trabajo, la competitividad de la planta de montaje se asentó en una elevada capacidad de mejora en su eficiencia productiva. En efecto, según nuestras estimaciones, en los primeros años de actividad la productividad total de los factores experimenta un crecimiento medio anual del 6%, equiparable al estimado para las mejores empresas de automóviles del mundo.

La evidencia empírica sugiere, por tanto, que el sector del automóvil en España en los años setenta y ochenta del pasado siglo, resulta atractivo para los grandes fabricantes mundiales no solo por los bajos costes laborales sino también por unas condiciones favorables para la mejora en la eficiencia productiva

20. Catalan (2000).

21. Catalan (2000), p. 149.

en términos de crecimiento en la PTF. La capacidad para asimilar métodos novedosos de organización del trabajo, unos trabajadores laboriosos, una elevada inversión en formación en el puesto de trabajo, la combinación de directivos experimentados en otras plantas, primero, con directivos formados en la propia planta después (la Universidad de Zaragoza suministró ingenieros y licenciados que han realizado una excelente carrera profesional dentro y fuera de la empresa), podrían ser razones que explican esta capacidad de mejora en la productividad total detectada en ese trabajo. Otro dato a tener en cuenta es que en las primeras etapas de actividad productiva es cuando las economías de aprendizaje por experiencia son más intensas, de manera que la alta tasa de crecimiento de la PTF podría explicarse por el aprendizaje por experiencia. A favor de la alta productividad total de la planta más allá del aprendizaje por experiencia en los primeros años, estaría el hecho de que la planta se ha mantenido entre las más productivas del grupo a lo largo de los años.<sup>22</sup>

Creemos que trabajos como el que aquí se expone amplían el marco de estudio de casos de historia industrial, en la medida en que propone un marco conceptual de análisis basado en la función de producción, ofreciendo así una perspectiva más rigurosa y completa que la simple relación entre variables de recursos y producción por separado, para el análisis de la tecnología productiva y, dentro de ella, para la medición del progreso técnico que sustenta el crecimiento en la PTF. El trabajo justifica también las ventajas de los datos disponibles a nivel de planta, con frecuencia mensual y en un periodo de tiempo con un proceso productivo estable y sin cambios sustantivos en el producto final, para la estimación de la tecnología de producción, frente a bases de datos más amplias referidas a distintas empresas multiproducto y a lo largo de varios años. Además, la estimación de la función de producción se realiza con métodos econométricos que consideramos novedosos en el contexto de la econometría de la función de producción, como el Mecanismo de Corrección de Error. Este método de estimación permite incorporar al modelo empírico los pasos del proceso de decisión con horizontes de medio y de corto plazo que razonablemente siguen los responsables de la dirección de la planta. Los contrastes de validación de la estimación econométrica aportados en el trabajo avalan el uso de la metodología para futuras investigaciones.

Este trabajo futuro será de gran interés para comprobar la generalización o no de los altos índices de progreso técnico obtenidos para la planta objeto de estudio en este trabajo. Los resultados disponibles de estudios previos referidos a empresas apuntan a que la planta española alcanza niveles de crecimiento en la PTF equiparables con los de las mejores. Más casos como el que aquí se ha expuesto con plantas españolas y de otros países permitirán corro-

22. Huerta y Villanueva (1997) y Galve y Ortega (2000) documentan los esfuerzos en innovación organizativa que se han realizado a nivel de planta.

borar si los resultados son generalizables al conjunto del sector del automóvil español y confirmar o no que efectivamente existe algo más que salarios más bajos en la competitividad del sector del automóvil español.

## BIBLIOGRAFÍA

- AIZCORBE, A., WINSTON, C. y FRIEDLAENDER, A. (1987), *Blind Intersection: Policy and the Automotive Industry*, Brookings Institution, Washington.
- BABIANO Mora, J. (1993), «Las peculiaridades del fordismo español», *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 3, pp. 77-94.
- BREUSCH, T. S. (1978), «Testing for Autocorrelation in a Dynamic Linear Models», *Australian Economic Papers*, 17, pp. 334-355.
- CARRERAS, A. y ESTAPÉ TRIAY, S. (2002), «Entrepreneurship, Organization and Economic Performance among Spanish Firms, 1930-1975: The Case of the Motor Industry», en M. J. LYNSEY y S. YONEKURA (eds.), *Entrepreneurship and Organization. The Role of the Entrepreneur in Organizational Innovation*, Oxford University Press. Nueva York.
- CATALAN, J. (2000), «La creación de la ventaja comparativa en la industria automovilística española, 1898-1999», *Revista de Historia Industrial*, 18, pp. 113-155.
- (2006), «La SEAT del Desarrollo, 1948-1972», *Revista de Historia Industrial*, 30, pp. 143-193.
- DARLINGTON, J., INNES, J., MITCHELL, F. y WOODWARD, J. (1992), «Throughput Accounting – the Garrett Automotive experience», *Management Accounting*, pp. 32-38.
- DICKEY, D. A. y FULLER, W. A. (1981), «Likelihood Ratio Statistics for Autorregressive Time Series with a Unit Root», *Econometrica*, 49, pp. 1057-1072.
- ENGLE, R.F. (1982), «A General Approach to Lagrange Multiplier Model Diagnostics», *Journal of Econometrics*, 20, pp. 83-104.
- ENGLE, R. F. y GRANGER, C. W. J. (1987), «Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing», *Econometrica*, 55, pp. 251-276.
- ESTAPÉ TRIAY, S. (1997), «Del fordismo al toyotismo: una aproximación al caso de Motor Ibérica. Perspectiva histórica 1920-1995», *Economía Industrial*, 315, pp. 185-195.
- FERNÁNDEZ-DE-SEVILLA, T. (2010), «Renault in Spain: From Assembly to Manufacture, 1961-72», *Business History*, 52 (3), pp. 471-492.
- FERNÁNDEZ ARRUFE, J. E. y PEDROSA SANZ, R. (1997), «El impacto de FASA Renault en la economía de Castilla-León», en A. VÁZQUEZ BARQUERO, G. GAROFOLY y J. P. GILLY (eds.), *Gran empresa y desarrollo económico*, Síntesis, Madrid, pp. 215-235.
- FRIEDLAENDER, A., WINSTON y C.; WANG, K. (1983), «Costs, Technology and Productivity in the U.S. Automobile Industry.», *Bell Journal of Economics*, 14, pp. 1-20.
- GALVE, C. y ORTEGA, R. (2000), «Equipos de trabajo y performance: Un análisis empírico a nivel de planta productiva», *Management*, 3-4, pp. 111-134.

- GARCÍA RUIZ, J. L. (2001), «La evolución de la industria automovilística española, 1946-1999: una perspectiva comparada», *Revista de Historia Industrial*, 19-20, pp. 133-163.
- (2003), «La industria automovilística española anterior a los «decretos Ford» (1972)», en J. L. GARCÍA RUIZ (coord.), *Sobre ruedas*, Síntesis, Madrid.
- GARCÍA RUIZ, J. L. y SANTOS REDONDO, M. (2001), *¿Es un motor español! Historia empresarial de Barreiros*, Fundación Barreiros-Síntesis, Madrid.
- HILDEBRAND, G.H. y LIU, T. C. (1965), *Manufacturing Production Function in the United State*, Ithaca, Nueva York.
- HUERTA ARRIBAS, E. y VILLANUEVA RUIZ, M. (1997), «La experiencia de Opel España en los equipos de trabajo», *Economía Industrial*, 315, pp. 127-142.
- JARQUE, G. M. y BERA, A. K. (1987), «A Test for Normality of Observations and Regressions Residuals», *International Statistical Review*, 55, pp. 163-172.
- JOHANSEN, S. (1988), «Statistical Analysis of Cointegrating Vectors», *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, pp. 231-254.
- LIEBERMAN, M. B. y DHAWAN, R. (2005), «Assessing the resource base of Japanese and U.S. auto producers: A stochastic frontier production function approach», *Management Science*, 51, pp. 1060-1075.
- LIEBERMAN, M. B., LAU, L. J. y WILLIAMS, M. D. (1990), «Firm-level Productivity and Management influence: A Comparison of U.S. and Japanese Automobile Producers», *Management Science*, 36, pp. 1193-1215.
- MADDALA, G. S. y KIM, I.-M. (1998), *Unit Roots. Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MACKINNON, J. G. (1991), «Critical Values for Cointegration Tests», en R. F. Engle y C. W. J. Granger (eds.), *Long-run Economic Relationships: Readings in Cointegration*, Oxford University Press, Oxford.
- PRADAS POVEDA J. I. (1997), «Incrementos de productividad en la industria española del automóvil. Análisis del período 1989-1996», *Economía industrial*, 315, pp. 69-84.
- (2000), «La productividad en la industria española de fabricación de automóviles: su trayectoria entre 1989 y 1999», *Economía Industrial*, 332, pp. 43-60.
- SAN ROMÁN, E. (1995), «El nacimiento de la SEAT: autarquía e intervención del INI», *Revista de Historia Industrial*, 7, pp. 141-165.
- SUDRIÀ, C. y SAN ROMÁN, E. (2000), «La industria del automóvil en España: una panorámica», en AA.VV., *Garaje. Imágenes del automóvil en la pintura española del siglo XX*, Fundación Eduardo Barreiros, Madrid.
- TAPPI, A. (2007), «El fordismo en la industria europea del automóvil y la SEAT (1950-1970)», *Revista de Historia Industrial*, 34, pp. 97-128.
- WOMACK, J. P., JONES, D. T. y ROOS, D. (1990), *The Machine that Changed the World*, Maxwell, Macmillan, Oxford.



***Technological change in the Spanish automobile industry (1983-1992). A case study***

ABSTRACT

This paper contributes to the study of the Spanish automobile industry with the estimation of a production function that summarizes the production technology for an auto assembly plant belonging to a multinational company, in the early years of operation. The results include estimations of the parameters of the production, including the mean rate of technical progress in the period of study. Even though the history of the automobile industry in Spain includes many papers that make reference to productivity as an indicator of productive efficiency, they mostly refer to labour productivity that matches operating efficiency only in very special cases. The results suggest that other reasons besides lower labour costs may explain the comparative advantage of the auto industry in Spain.

KEY WORDS: Automobile in Spain, Production function, Technical Progress, Error Correction Mechanism.

JEL CODES: C81, D24, L23, L62, M11, N60, O14, O33



***Cambio técnico en la industria del automóvil en España (1983-1992). Un estudio de caso***

RESUMEN

El trabajo contribuye al estudio de la industria del automóvil en España con la estimación de una función de producción que resume la tecnología de una planta de montaje de automóviles perteneciente a un grupo multinacional, en los primeros años de su funcionamiento. Los resultados muestran estimaciones de los parámetros de la función de producción y, entre ellos, de la tasa media acumulativa de crecimiento en la productividad total de los factores o progreso técnico no incorporado. Aunque la historia del automóvil en España incluye frecuentes referencias a la productividad como indicador de eficiencia productiva, en todos los casos se trata de la productividad aparente del trabajo que solo se aproxima el progreso técnico en condiciones muy particulares. Los resultados obtenidos sugieren otras razones, además de los bajos costes laborales, como ventajas comparativas del automóvil en España.

PALABRAS CLAVE: Automóvil en España, Función de producción, Progreso técnico, Mecanismo de corrección de error.

CÓDIGOS JEL: C81, D24, L23, L62, M11, N60, O14, O33

