

Productividad, Eficiencia Técnica e Internacionalización del Sector Químico español 2007-2011

TESIS DOCTORAL de :

Albert-Pol Miró Pérez



Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya

Vic, Enero 2017

Productividad, Eficiencia Técnica e Internacionalización del Sector Químico español 2007-2011

TESIS DOCTORAL de :

Albert-Pol Miró Pérez

Tesis dirigida por el Dr. Rafa Madariaga Sánchez y el Dr. Joan Carles Martori Cañas en el marco del programa interuniversitario en Derecho, Economía y Empresa de la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya (UVic-UCC) y la Universitat de Girona (UdG)



Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya i Universitat de
Girona

Vic, Enero 2017

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis directores de esta tesis, los Prof. Dr. Rafa Madariaga y el Dr. Joan Carles Martori, que sin su infinita paciencia conmigo nunca habría realizado esta tesis.

También agradezco a los Prof. Dra. Elisenda Paluzie y Dr. Asier Minondo por sus consejos y ayudas en diferentes períodos de construcción de este trabajo de investigación. Mencionar de forma especial a las Dra. Ángeles Pereira, Dra. Pili Magdalena, Dra. Laia Domenech y al Dr. Rafa Rubio por su apoyo incondicional.

Quiero expresar mi gratitud a todos aquellos que han aguantado mis desapariciones constantes: Susana, Noelia, Bibiana, Alex, Laura, Ramon, Vane, Nuria, Ana, Xenia, Lluís y Maria.

A Oriol Alonso debo agradecerle muchas cosas, que con sus consejos y amistad me ha permitido mantenerme firme en mi decisión de continuar al pie del cañón.

No quiero olvidar a Eduardo, Gemma, Ramon, Maria y Xavi, que siempre han estado allí de manera incondicional, dándome ilusión. A Silvia, por tu aparición.

A Aurora y Ana mis “hermanas” que siempre han marcado mi vida.

No me olvido de Laura por su infinita paciencia, no hay palabras de agradecimiento.

A mis padres y familia a quien quiero dedicar esta tesis. Decir todo lo que ha contribuido a este trabajo haría que el documento de tesis quedara como un simple anexo. Sin su apoyo, su paciencia y su cariño, esta investigación nunca hubiese concluido.

Labore et constantia

RESUM

L'objectiu principal d'aquesta tesi doctoral ve determinat per l'anàlisi de diversos aspectes importants de la realitat econòmica del sector químic espanyol entre 2007-2011. Tal com es pot comprovar, aquest període comprèn dues etapes diferenciades clarament, una d'estancament i una altra de clara expansió.

Aquest treball es desenvolupa en tres fases. En una primera, es realitza el marc teòric i metodològic sobre les variables de vital importància en el teixit industrial, com són la productivitat, l'eficiència i la internacionalització.

En una segona etapa, s'obtenen les estimacions de la funció de producció Cobb-Douglas mitjançant tres mètodes: Mínim Quadrat Ordinari, Efectes Fixos i finalment, Efectes Aleatoris. Posteriorment, es realitza l'estimació, mitjançant els tres mètodes definits anteriorment, de la productivitat total dels factors de les empreses del sector químic espanyol de les diferents comunitats autònomes espanyoles, així com quina ha estat la tendència de la variable productivitat al llarg del període econòmic estudiat. Així mateix, en aquesta tesi doctoral s'analitza la relació existent entre la variable productivitat i la posició internacional que ocupen les empreses espanyoles del sector químic, amb l'objectiu de contribuir a la literatura econòmica per tal de determinar si les empreses que s'internacionalitzen, ja sigui mitjançant exportació o inversió, són més productives que aquelles que no venen al mercat mundial.

Els resultats presenten, tal com era d'esperar, una tendència a que aquelles empreses amb una productivitat elevada s'internacionalitzen mitjançant exportació i l'activitat de *Subsidiaries*, mentre que per a la

inversió mitjançant *Shareholders* no sembla existir aquesta relació positiva.

En una tercera secció, es troben evidències entre de la relació entre la internacionalització de les empreses amb l'eficiència, mitjançant el model no paramètric com el de l'Anàlisi Envoltant de Dades (DEA). Els resultats obtinguts demostren que la inclusió de la variable binària internacionalització -ja sigui mitjançant exportació o bé inversió- té un valor positiu pel que fa a l'eficiència tècnica.

A l'última secció es desenvolupen les conclusions generals del treball de recerca aquí plantejat, on es pot concloure la importància de les variables productivitat total dels factors i eficiència tècnica pel que fa a la internacionalització de les empreses del sector químic espanyol per al període 2007-2011.

Paraules clau: productivitat, posició internacional, eficiència, sector químic, empreses espanyoles.

Índice de contenidos

CAPITULO 1. Introducción general

1.1 Justificación de la investigación	22
1.2 Introducción.....	24
1.3 Hipótesis y objetivos de la investigación	30
1.3 Estructura de la tesis	32

CAPITULO 2. Estado de la cuestión

2.1 Introducción.....	36
2.2 Productividad.....	36
2.2.1 Marco conceptual	36
2.2.2. Principales medidas de productividad	37
2.2.3 Marco teórico.....	39
2.2.3.1 Perspectiva macroeconómica	39
2.2.3.2 Perspectiva microeconómica	43
2.2.3.2.1 Medición de la productividad: Algunas consideraciones	45
2.2.3.2.1.1 Método no paramétrico.....	48
2.2.3.2.1.2 Método paramétrico.....	55
2.2.3.2.1.2.1 Función de producción Cobb- Douglas.....	55
2.2.3.2.1.2.2 Función Translogarítmica	57
2.2.3.2.1.2.3 Función CES.....	59
2.3 Eficiencia	60
2.3.1 Marco conceptual	60
2.3.2 Marco teórico.....	64
2.3.2.1 Método paramétrico.....	66
2.3.2.1.1 <i>Cross-section</i> o Corte Transversal.....	67
2.3.2.1.1.1 Frontera Estocástica de Costes	68
2.3.2.1.1.2 Frontera Estocástica de Producción.....	68

2.3.2.1.2 Datos de panel	70
2.3.3.2 Método no paramétrico	73
2.4 Internacionalización.....	78
2.4.1 Marco conceptual	78
2.4.1.1 Tamaño empresarial y productividad	80
2.4.1.2 Comercio internacional y productividad	82
2.4.1.3 Metodología: Internacionalización y productividad... 95	
2.4.1.4 Internacionalización y Eficiencia Técnica.....	101
2.5 Resumen y conclusiones.....	102

CAPITULO 3. El sector químico español

3.1 Introducción.....	104
3.2 Breve historia del sector químico	104
3.3 Situación actual del sector químico	109
3.4 Conclusión	121

CAPITULO 4. Modelización econométrica, base de datos y selección de las variables

4.1 Introducción.....	124
4.2 La modelización de la productividad.....	125
4.2.1 Métodos econométricos para la estimación de la PTF	132
4.2.1.1 Mínimos Cuadrados Ordinarios.....	133
4.2.1.2 Efectos Fijos	139
4.2.1.3 Efectos Aleatorios.....	141
4.2.2 Antecedentes de medición de productividad: El caso español.....	142
4.3 Modelo Eficiencia Técnica.....	167
4.3.1 Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	167
4.3.1.1 Modelo Ratio	168
4.3.1.2 Modelo CCR-Input	169

4.3.1.3 Modelo CCR-Output.....	172
4.3.2 Antecedentes de medición de Eficiencia Técnica: El caso español	173
4.4 Modelo internacionalización	185
4.4.1 Test de normalidad Kolmogorov-Smirnov.....	186
4.4.2 Test para dos muestras de Epps-Singleton	188
4.4.3 Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.....	189
4.4.4 Regresión logística.....	190
4.5 La base de datos.....	192
4.5.1 Introducción	192
4.5.2 La base de datos: principales características.....	193
4.5.3 La base de datos utilizada y sus principales características	195
4.5.4 Representatividad de la base de datos AMADEUS.....	205
4.5.5 Selección de los individuos: SABI y AMADEUS.....	213
4.5.6 Definición de las variables.....	214

CAPITULO 5. Producción de la empresa del sector químico español para el período 2007-2011

5.1 Introducción.....	220
5.2 La eficiencia en el sector industrial español.....	221
5.2.1 Análisis de la productividad de la empresa química española durante el período 2007-2011	221
5.2.2 Métodos de regresión con datos de panel.....	225
5.2.3 La estimación de la función de producción: métodos tradicionales	229
5.2.3.1 Mínimos Cuadrados Ordinarios	229
5.2.3.2 Efectos Fijos	236
5.2.3.3 Efectos Aleatorios	240
5.2.3.4 Conclusiones de las estimaciones de la función de producción	243

5.3 Estimación de la PTF.....	246
5.3.1 Estimación de la PTF mediante EF	251
5.4 Productividad por volumen de trabajadores empresarial	254
5.4.1 Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño empresarial	254
5.4.2 Relación causal entre PTF y tamaño empresarial.....	257
5.5 Productividad en perspectiva de las CC.AA	259
5.6 Conclusiones.....	268

CAPITULO 6. Productividad Total de los Factores e Internacionalización de las empresas del sector químico español

6.1 Introducción.....	272
6.2 Internacionalización y productividad: <i>Self-selection</i>	274
6.2.1 Productividad empresarial e internacionalización: Exportación	274
6.2.1.1 Test de Epps-Singleton.....	275
6.2.1.2 Test de Kolmogorov-Smirnov	276
6.2.1.3 Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.....	277
6.2.2 Productividad empresarial e internacionalización: Inversión Extranjera Directa.....	278
6.2.2.1 Test Epps-Singleton.....	279
6.2.2.2 Test de Kolmogorov-Smirnov	281
6.2.2.3 Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.....	283
6.2.3 Principales conclusiones de los test Epps-Singleton, Kolmogorov-Smirnov y Wilcoxon-Mann-Whitney	284
6.3 Regresión Logística: <i>Learning-by-exporting</i>	285
6.3.1 Exportación	286
6.3.2 <i>Shareholders</i>	288
6.3.3 <i>Subsidiaries</i>	290

6.4 Comparativa entre PTF con respecto al tamaño empresarial y posición internacional de la empresa.....	291
6.5 Conclusiones.....	295

CAPITULO 7. Modelo DEA: Estimación de la Eficiencia Técnica en el sector químico español para el período 2007-2011

7.1 Introducción.....	300
7.2 Modelo DEA	301
7.2.1 Modelo DEA bajo el supuesto de rendimientos de escala constantes	302
7.2.2 Comparativa entre CC.AA con respecto a la ET.....	304
7.2.3 Comparativa de la variable ET incluyendo la variable internacionalización	310
7.3 Evaluación de la ET por tamaño empresarial y CC.AA en el período de tiempo 2007-2011.....	316
7.4 Conclusiones.....	322

CAPITULO 8. Conclusiones generales y líneas abiertas de investigación

8.1 Contenidos del trabajo	326
8.2 Aportaciones del trabajo.....	328
8.3 Futuras líneas de investigación a desarrollar.....	330
Referencias Bibliográficas	331

Índice de Cuadros

Capítulo 2	Pág.
Cuadro 2.1. Medición de la productividad	38
Cuadro 2.2. Relación metodología	97-100
 Capítulo 3	
Cuadro 3.1. Evolución del empleo por subsectores. 1962-1971	106-107
Cuadro 3.2. Evolución de la producción químico y del consumo aparente (miles de millones de pesetas corrientes)	108-109
Cuadro 3.3. <i>Productividad Laboral y Productividad Total de los Factores del sector químico español (euros por ocupado 2005). Año 2000-2007</i>	112
Cuadro 3.4. <i>Distribución geográfica del sector químico español año 2012(% de empresas con respecto al total)</i>	115
Cuadro 3.5. <i>Número de empresas por sub-sectores de actividad (% de empresas por sub-sector)</i>	118
Cuadro 3.6. <i>Número de empresas total por CC.AA. Año 2012</i>	120
 Capítulo 4	
Cuadro 4.1. <i>Métodos de estimación de la PTF en base al tipo de datos utilizados</i>	132
Cuadro 4.2. <i>Resumen de los trabajos sobre productividad en España</i>	143-165
Cuadro 4.3. <i>Resumen de trabajos sobre eficiencia en España</i>	174-184
Cuadro 4.4. <i>Número de empresas: Cobertura de SABI por tamaño empresarial (año 2011)</i>	197

Cuadro 4.5. <i>Número de trabajadores por categoría y año</i>	199
Cuadro 4.6. <i>Medias del importe neto de cifra de negocio por Comunidad Autónoma y año</i>	201-202
Cuadro 4.7. <i>Media del número de trabajadores distribuida por tipología de empresa y año</i>	202
Cuadro 4.8. <i>Total de empresas por CCAA</i>	203-204
Cuadro 4.9. <i>Realiza actividad exportadora</i>	205
Cuadro 4.10. <i>Realiza actividad Shareholders</i>	208
Cuadro 4.11. <i>Realiza actividad Subsidiaries</i>	208
Cuadro 4.12. <i>Distribución de empresas exportadoras por año y CC.AA</i>	210
Cuadro 4.13. <i>Distribución de empresas Shareholders por año y CC.AA</i>	211
Cuadro 4.14. <i>Distribución de empresas Subsidiaries por año y CC.AA</i>	212

Capítulo 5

Cuadro 5.1. <i>Empresas por año</i>	223
Cuadro 5.2. <i>Empresas por CC.AA y año</i>	224
Cuadro 5.3. <i>Estadística descriptiva de las variables de producción</i>	226
Cuadro 5.4. <i>Resumen de las principales variables</i>	227
Cuadro 5.5. <i>Resultados prueba de consistencia</i>	228
Cuadro 5.6. <i>Test de Wald para heterocedasticidad</i>	229
Cuadro 5.7. <i>Test de multicolinealidad</i>	230
Cuadro 5.8. <i>Estimación de la función de producción Cobb-Douglas mediante MCO</i>	231
Cuadro 5.9. <i>Test de asimetría</i>	233
Cuadro 5.10. <i>Significatividad del test</i>	234
Cuadro 5.11. <i>Prueba de Jarque Bera</i>	236
Cuadro 5.12. <i>Estimación por EF</i>	237

Cuadro 5.13. <i>Estimación por EF introduciendo la CC.AA como variable de control</i>	239
Cuadro 5.14. <i>Estimación por EA</i>	241
Cuadro 5.15. <i>Test de Breusch y Pagan</i>	242
Cuadro 5.16. <i>Test de Hausman</i>	243
Cuadro 5.17. <i>Comparativa de MCO, EF, EA; variable dependiente: log del importe neto de cifra de negocios</i>	244
Cuadro 5.18. <i>Media de PTF por metodología y año</i>	250
Cuadro 5.19. <i>Media de la PTF EF por años</i>	251
Cuadro 5.20. <i>Tamaño empresarial</i>	255
Cuadro 5.21. <i>Frecuencias de cohortes de trabajadores</i>	255
Cuadro 5.22. <i>Media PTF EF por cohorte de trabajadores</i>	256
Cuadro 5.23. <i>Test Kolmogorov-Smirnov PTF EF con respecto al tamaño empresarial</i>	258
Cuadro 5.24. <i>Medias de las PTF EF por CC.AA</i>	259-260
Cuadro 5.25. <i>PTF por CC.AA y año</i>	262-263

Capítulo 6

Cuadro 6.1. <i>Test Epps-Singleton empresa exportadora</i>	275
Cuadro 6.2. <i>Test Kolmogorov-Smirnov empresa exportadora</i>	276
Cuadro 6.3. <i>Test de Wilcoxon-Mann-Whitney empresa exportadora</i>	278
Cuadro 6.4. <i>Test Epps-Singleton empresa inversora (Shareholders)</i>	280
Cuadro 6.5. <i>Test Epps-Singleton empresa inversora (Subsidiaries)</i>	281
Cuadro 6.6. <i>Test Kolmogorov-Smirnov empresa inversora (Shareholders)</i>	282
Cuadro 6.7. <i>Test Kolmogorov-Smirnov empresa inversora (Subsidiaries)</i>	282
Cuadro 6.8. <i>Test de Wilcoxon-Mann-Whitney empresa inversora (Shareholders)</i>	283

Cuadro 6.9. <i>Test de Wilcoxon-Mann-Whitney empresa inversora (Subsidiaries)</i>	284
Cuadro 6.10. <i>Resumen de los resultados obtenidos para Epps-Singleton, Kolmogorov-Smirnov y Wilcoxon-Mann-Whitney</i>	285
Cuadro 6.11. <i>Modelo Logit con empresa exportadora y la PTF</i>	286
Cuadro 6.12. <i>Test de Wald</i>	287
Cuadro 6.13. <i>Prueba de Hosmer-Lemeshow para exportación</i>	288
Cuadro 6.14. <i>Modelo Logit con empresa inversora (Shareholders) y la PTF</i>	288
Cuadro 6.15. <i>Test de Wald</i>	289
Cuadro 6.16. <i>Prueba de Hosmer-Lemeshow para Shareholders</i>	289
Cuadro 6.17. <i>Modelo logit con empresa inversora (Subsidiaries) y la PTF</i>	290
Cuadro 6.18. <i>Test de Wald</i>	290
Cuadro 6.19. <i>Prueba de Hosmer-Lemeshow para Subsidiaries</i>	291
Cuadro 6.20. <i>Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño y posición internacional: Exportación</i>	292
Cuadro 6.21. <i>Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño y posición internacional: Shareholders</i>	293
Cuadro 6.22. <i>Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño y posición internacional: Subsidiaries</i>	294

Capítulo 7

Cuadro 7.1. <i>Análisis descriptivo de las variables utilizadas</i>	301
Cuadro 7.2. <i>Distribución número de empresas de la eficiencia por cohorte</i>	302
Cuadro 7.3. <i>Relación de observaciones por CC.AA</i>	305
Cuadro 7.4. <i>Eficiencia técnica media por CC.AA</i>	306

Cuadro 7.5. <i>Eficiencia media por CC.AA y año</i>	308-309
Cuadro 7.6. <i>Test Kolmogorov-Smirnov para la variable eficiencia con: Exportación, Shareholders y Subsidiaries</i>	311-312
Cuadro 7.7. <i>Impacto del tamaño empresarial y exportación con respecto a la ET</i>	313-315
Cuadro 7.8. <i>Relación de ET con respecto al tamaño empresarial</i>	317
Cuadro 7.9. <i>Evolución de la ET por cohorte y año</i>	318
Cuadro 7.10. <i>Relación ET por cohorte y CC.AA</i>	319-321

Índice de Figuras

Capítulo 2

<i>Figura 2.1.</i> Medidas orientadas hacia los inputs	62
<i>Figura 2.2.</i> Medidas orientadas hacia los outputs	63
<i>Figura 2.3.</i> Representación gráfica de la tecnología CRS para un input y un output	76
<i>Figura 2.4.</i> Representación gráfica de la tecnología VRS para un input y un output	77

Capítulo 3

<i>Figura 3.1.</i> Importe cifra de negocio (%) de los sectores económicos españoles para el año 2011	110
<i>Figura 3.2.</i> Evolución de la cifra de negocios del sector químico (miles de euros). Años 2005-2011.	111
<i>Figura 3.3.</i> Número de trabajadores en la industria nacional para el período 2008-2012	113
<i>Figura 3.4.</i> Número de trabajadores del sector químico español para el período 2008-2012	113
<i>Figura 3.5.</i> Evolución de las variables Ventas netas, Inversión en activos materiales e intangibles en la industria nacional para el período 2008-2012	114

<i>Figura 3.6.</i> Evolución de las variables Ventas netas, Inversión en activos materiales e intangibles del sector químico español para el período 2008-2012	114
<i>Figura 3.7.</i> Porcentaje de la producción destinada a la exportación. Año 2007.	116

Capítulo 5

<i>Figura 5.1.</i> Residuos	233
<i>Figura 5.2.</i> Histograma de los residuos por MCO	235
<i>Figura 5.3.</i> Resumen de la tendencia PTF por los diferentes métodos para el período 2007-2011	247-248
<i>Figura 5.4.</i> Media de la PTF (años)	252
<i>Figura 5.5.</i> PTF EF por año y empresa	253
<i>Figura 5.6.</i> Histograma PTF para estimador EF	254
<i>Figura 5.7.</i> Distribución de la PTF EF por cohorte trabajador	257
<i>Figura 5.8.</i> Media de la PTF por CC.AA	261
<i>Figura 5.9.</i> Media de PTF por año y por Zona Geográfica	265
<i>Figura 5.10.</i> Media PTF tendencial por años 2007-2011	267

Capítulo 7

<i>Figura 7.1.</i> Frontera eficiente media por empresas	303
<i>Figura 7.2.</i> Eficiencia media por CC.AA	307
<i>Figura 7.3.</i> Tendencia de la eficiencia media por CC.AA	309

CAPITULO 1

Introducción general

En este capítulo se enmarcan la justificación e introducción de los principales conceptos analizados esta tesis, partiendo de la “*New*” *new trade theory*. Así mismo, se desarrollan las hipótesis y los objetivos. Por último, se presenta la estructura que este trabajo está organizado.

1.1. Justificación de la investigación

Esta investigación analiza el comportamiento de la productividad y la eficiencia técnica del sector químico español en relación a la internacionalización de las empresas.

El análisis del crecimiento económico y sus determinantes ha sido uno de los temas que ha tenido un desarrollo más importante en los últimos años. El inicio de esa literatura puede situarse en las aportaciones seminales de Solow (1950's), que permitieron un tratamiento empírico y formal sobre las causas del crecimiento.

En una primera etapa, las aportaciones de Solow, Swan, Koopmans, Barro, entre otros, enmarcadas dentro de las denominadas teorías neoclásicas del crecimiento económico, abrieron nuevos horizontes a la teoría del crecimiento (Sala-i-Martin y Atardi, 1999).

Un segundo impulso destacado por los estudios sobre crecimiento económico, tiene lugar a partir de las aportaciones de Krugman, Grossman, Helpman, Melitz y Yeaple (Wagner, 2007). El origen de esas aportaciones es la incorporación de la competencia imperfecta y la toma en consideración de rendimientos crecientes o constantes en la producción.

Desde la óptica de la Economía Industrial y la teoría del comercio, la introducción de los mercados imperfectamente competitivos, los rendimientos de escala no decrecientes, las nuevas pautas de comercio internacional, y las inversiones internacionales ha permitido generar la “*New*” *new trade theory*. Así como, el crecimiento de la competencia internacional ha llevado a un aumento del comercio intraindustrial, que ha fomentado las relaciones del sector exterior de las economías (Antràs, 2011).

Este trabajo se enmarca en la denominada “*New*” *new trade theory*. Desde siempre, el interés por cuantificar y evaluar la actividad de las empresas ha originado muchos y diversos estudios. No obstante, sin una interpretación rigurosa y correcta del papel que juegan la productividad y la eficiencia¹, difícilmente puede abordarse el análisis de la internacionalización de las empresas. Las aportaciones de Either (1982), Krugman (1987), Helpman (1988), Young (1991), Melitz (2003), Helpman, Melitz e Yeaple (2004) (HMY, en adelante) y Yeaple (2004), ponen de manifiesto que para entender las pautas del comercio internacional es necesario considerar la heterogeneidad de las empresas, los métodos de gestión y las características específicas del tejido industrial nacional.

Este impulso teórico tiene también su complemento en la evolución de la economía mundial desde la década de 1980: el fenómeno de la globalización pone de manifiesto la necesidad de adaptación a la economía internacional y la importancia de la productividad y la eficiencia de las empresas para competir en un contexto global.

La falta de trabajos de investigación con respecto al caso español y, concretamente, para el sector químico español enmarcados en esta línea de investigación, hace necesario la realización de un análisis del impacto de las variables productividad y eficiencia técnica a nivel de empresa. Así como, examinar la causalidad de la mejora de estas dos variables con respecto a la posición internacional, no sólo a nivel de exportación (Delgado, Fariñas y Ruano, 2002) sino también en relación con la Inversión Extranjera Directa (IED, en adelante). La

¹ En este punto radica la necesidad de determinar correctamente los conceptos de productividad y eficiencia (Pinilla, 2001).

inclusión de la IED permite profundizar en mayor medida en el impacto de la internacionalización en el sector químico. Debe tenerse en cuenta que esta variable ha quedado excluida en buena parte de los estudios realizados hasta ahora.

En esta línea el objetivo de este trabajo es analizar la relación existente entre la evolución de la productividad y la eficiencia de las empresas con la posición competitiva internacional. Se deben tener en cuenta todas las posibilidades de internacionalización que existen en el mercado, y no sólo la exportación. Por ello es interesante considerar la IED. En esta tesis doctoral se considera tanto la perspectiva agregada (a nivel Nacional y Comunidades Autónomas) como la microeconómica (a nivel de empresa) para el período 2007-2011. Además, también se pretende examinar como varía la productividad y la eficiencia en función de si la empresa realiza exportación o bien IED.

1.2. Introducción

La internacionalización es un fenómeno ampliamente estudiado. Entre las motivaciones fundamentales para la realización de esta investigación, está el interés por aquellas variables que determinan la relación existente entre el comportamiento de las empresas y la internacionalización. Entre los diversos mecanismos identificados en la literatura se destacan el incremento de la competencia, el aprovechamiento de las economías de escala y la posibilidad de incorporar tecnologías desde el resto del mundo. En las últimas décadas se ha incrementado el análisis a nivel microeconómico de las evidencias sobre si aquellas empresas que realizan exportación son más productivas y eficientes que las que sólo venden en el mercado nacional o doméstico.

La hipótesis que se plantea es que las empresas que tienen una elevada productividad venden en los mercados internacionales, es decir, se da un proceso de “autoselección” o “*self-selection*” (Arnold y Hussinger, 2006; Love y Mansury, 2009).

No obstante, existe una hipótesis alternativa de aprendizaje por exportación o “*learning-by-exporting*” que señala el caso contrario; es decir, considera que las empresas que venden en el mercado internacional son las que experimentan un mayor crecimiento de la productividad (Aw y Hwang, 1995; Clerides, Lach y Tybout, 1998; Aw, Chung y Roberts, 2000; Mengistae y Pattillo, 2004).

También puede plantearse una hipótesis mixta para la que existe una complementariedad entre ambas hipótesis; por tanto, aquellas empresas que tienen una elevada productividad venden en el mercado internacional, y ese comportamiento, a su vez, contribuye al crecimiento de la productividad.

Existe una amplia bibliografía donde se considera la exportación como variable relacionada con la internacionalización. Sin embargo, esta circunstancia limita la capacidad del análisis. En los últimos años, está aumentando el interés por la Inversión Extranjera Directa (IED) como medida de la actividad internacional de las empresas. La utilización de la IED para la internacionalización por parte de las empresas presenta las siguientes ventajas (Dunning, 1994):

- La utilización de las capacidades propias o bien endógenas.
- Las ventajas de localización.
- La disponibilidad de recursos.
- El uso de las reservas de mercado.

- Por último, la posibilidad de convertirse en una plataforma de exportación a países cercanos, disminuyendo los costes de transporte (Barba-Navaretti *et al.* 2004).

Así mismo, la internacionalización no solo afecta positivamente a la productividad de las empresas, sino que tiene una influencia directa sobre la eficiencia técnica (Li, 2008; Mok, Yeung, Han y Li, 2010). Un mayor nivel de internacionalización se asocia directamente con una mejora de la eficiencia. A pesar de ello, debe tenerse en cuenta que una gran diversificación geográfica puede tener consecuencias negativas en el grado de eficiencia empresarial (Rugman y Verbeke, 2005).

Los trabajos que analizan las relaciones entre productividad, eficiencia e internacionalización en España son escasos. Los estudios realizados en la economía española sobre esta temática se han basado en la relación causal entre productividad e internacionalización desde la perspectiva de la exportación (Delgado *et al.* 2002; Cassiman y Martínez-Ros, 2007). Por tanto, las variables eficiencia e Inversión Extranjera Directa han quedado excluidas de este análisis. Esto ha limitado el estudio para el caso español y sus posibles conclusiones, ya que al no incluir estas variables, se ha obviado una importante estrategia en lo referente a la internacionalización.

La evidencia empírica apunta a la necesidad de incluir la IED en el análisis, dado el creciente número de empresas que invierten en el extranjero, sea mediante IED horizontal o vertical.

Se entiende como *IED horizontal* aquella en la que la empresa multinacional produce los mismos bienes y servicios en el país de acogida que en el país de origen; cada planta vende al mercado local. La principal motivación de realizar la IED horizontal es eliminar los

costes de transporte -Hummels (2000) estima los costes de transporte en alrededor del 0.8% del valor de los bienes por día transportado- o conseguir acceso al mercado extranjero, al que sólo puede venderse localmente (Barba-Navaretti *et al.* 2004).

La *IED Vertical* hace referencia a la empresa multinacional que fragmenta su producción en diferentes fases (Markusen, 1995). Esta fragmentación productiva se realiza para explotar las diferencias relativas de los costes de los factores. Feenstra (1998) le llama “desintegración de la producción”. Una línea de investigación especialmente relevante es la denominada GVC o “*global value chain*”. Esta analiza el proceso de producción que conduce a los bienes finales desde la obtención de los factores productivos originales y ha aportado evidencia empírica sobre desintegración de esas cadenas como resultado de la globalización (Timmer, Loos, Steher y De Vries, 2013).

Los modelos de IED horizontal implican una relación de sustitución entre exportación e IED. Markusen (1984), muestra la existencia de una relación de sustitución entre IED horizontal y exportación. Si bien, Helpman (1984), afirma que existe una relación de complementariedad entre IED vertical y exportación. No obstante, estudios empíricos demuestran que la IED es una combinación de ambas facetas, vertical y horizontal (Markusen, 1998). Por lo tanto, introducir esta variable en la presente investigación permite aportar nuevas evidencias empíricas acerca de la importancia relativa de la IED en España.

Por otro lado, en los últimos años se ha producido una mejora de la metodología para la estimación de la eficiencia técnica. Una muestra de ello puede apreciarse en Lambarraa, Stefanou, Serra y Gil (2009) y Serra, Lansink y Stefanou (2011) para el sector agrario español,

Nemoto y Goto (2003) para el sector eléctrico japonés, y Bravo-Ureta, Solís, López, Maripani, Thiam y Rivas (2007) para el sector agrario referente a diferentes países.

Para el caso español no existen, hasta donde conocemos, contribuciones que cuantifiquen la relación causal existente entre internacionalización y eficiencia técnica. Es decir, no sabemos hasta que punto un mayor nivel de internacionalización de las empresas se asocia con una mejor utilización de los factores productivos, medidos por la eficiencia técnica. Por ello, se plantea analizar y contrastar si existe dicha relación positiva (Li, 2008), tomando como objeto de estudio el sector químico español.

España es un caso de estudio interesante, y sobre todo el sector químico, en cuanto que ha experimentado durante las últimas décadas un crecimiento de la inversión para impulsar el posicionamiento internacional del sector. La pregunta que nos proponemos responder es: ¿la exposición al mercado internacional del sector ha mejorado la productividad y eficiencia de las empresas que lo conforman?, o bien, ¿sería posible la consolidación internacional del sector sin una mejora previa de dichas variables?

En esta tesis doctoral analizamos la cuestión desde una doble perspectiva geográfica. La primera, a nivel agregado o de país para el sector químico español. La segunda, a través de un análisis desagregado por Comunidades Autónomas (se consideran Andalucía, Aragón, Asturias, Cataluña, Cantabria, Castilla León, Castilla la Mancha, Extremadura, Galicia, La Rioja, Madrid, Murcia, Navarra, País Vasco, Valencia. Quedan excluidas por falta de datos, Ceuta, Islas Baleares, Islas Canarias y Melilla). La mejora en la disponibilidad de datos para las industrias en España es un factor importante en la elección del objeto de estudio. También se propone

realizar un estudio más acurado y detallado de la realidad económica del sector químico a nivel de CC.AA.

Para cumplir con los objetivos propuestos se ha empleado la información obtenida de la base de datos Sistema de Análisis de Balances Ibéricos (SABI), resultado de la colaboración de tres entidades privadas, Informa D&B, Coface Serviços Portugal, S.A y Bureau Van Dijk. La principal ventaja de esta base de datos es que permite analizar el comportamiento de las empresas individuales. Esto permite un análisis desde la perspectiva microeconómica.

Asimismo, se ha utilizado una base de datos complementaria como es *Analyse Major Databases from European Sources* (AMADEUS) publicada por Informa D&B y Bureau Van Dijk. AMADEUS ha servido para depurar y agrupar la información extraída de SABI para la consideración de las variables de internacionalización.

El objetivo de este trabajo es ofrecer una revisión de las principales respuestas que, desde una óptica microeconómica, se han otorgado a preguntas como: ¿Cómo se mide la productividad? O, si se constata la existencia de heterogeneidad en el crecimiento de la productividad ¿cuáles son sus determinantes? Para ello, se analiza el sector químico español durante el período 2007-2011 teniendo en cuenta los modelos teóricos de la “*New*” *new trade theory* y la Economía Industrial. Además, se analizan los factores que explican la decisión de internacionalizarse y se evalúa la relación entre la internacionalización, la productividad y la eficiencia.

1.3. Objetivos e Hipótesis de la investigación

En conformidad con el marco teórico expuesto, esta investigación plantea los siguientes objetivos:

- Medir la productividad de las empresas nacionales, tanto a nivel agregado (país), como desagregadamente en Comunidades Autónomas y a nivel de las empresas individuales.
- Para medir la productividad, se estima una función de producción Cobb-Douglas para el sector químico. Previamente, se definen y exponen los métodos existentes para la productividad del trabajo, la productividad total de los factores (PTF, en adelante) y la revisión crítica de aquellos instrumentos de medida ya existentes.
- Medir la relación causal existente entre productividad e internacionalización de las empresas españolas. Es decir, investigar si las empresas que se internacionalizan son más productivas a través de la *self-selection* o bien, si se da el caso contrario, donde la empresa se internacionaliza y mejora su productividad, *learning-by-exporting*. Se utilizan diversos métodos estadísticos y econométricos para contrastar las dos hipótesis
- Modelizar la relación causal existente entre la mejora de la eficiencia técnica de las empresas y la posición internacional de las empresas, Li (2008).

En concordancia con lo anteriormente expuesto, esta tesis doctoral propone responder a las siguientes hipótesis:

1. Un elevado crecimiento de la productividad conduce a la internacionalización (*self-selection*) de la empresa o bien, aquellas empresas que están internacionalizadas, mejoran su productividad (*learning-by-exporting*). Esta hipótesis se analiza considerando dos tipos de procesos diferenciados: la exportación, y la IED. En este último caso, también se analiza si existen diferencias significativas entre las empresas que se internacionalizan mediante la compra de participaciones en empresas extranjeras ya instaladas (“*Shareholders*”) o mediante la creación de empresas subsidiarias en otros países (“*Subsidiaries*”).
2. ¿Cómo afecta a la eficiencia técnica la participación en los mercados internacionales? Es mayor si la empresa inicia su participación en los mercados internacionales o si ya lo hace

Los resultados obtenidos con la determinación de estos dos objetivos nos permitirán concluir que la PTF es una variable a tener en cuenta para determinar la posición internacional de las empresas.

Asimismo, se pretende constatar si existe diferencia en los valores medios de la productividad entre Comunidades Autónomas, y si esta circunstancia se encuentra directamente ligada a la mayor apertura comercial e internacional de las Comunidades Autónomas. En el caso de existir estas diferencias nos planteamos si les proporcionan ventajas competitivas.

Por último, se analiza la relación entre eficiencia técnica y productividad con respecto al tamaño de las empresas, medido por el número de trabajadores de las empresas. Para ello, se ha segmentado la muestra de empresas en cuatro grupos: microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas.

1.4. Estructura de la tesis

Este trabajo consta de 8 capítulos. La primera parte comienza con un capítulo introductorio que plantea los conceptos fundamentales del trabajo. En el capítulo 2 se revisa la literatura teórica y empírica de los principales conceptos tratados en este estudio, como son la productividad, la eficiencia técnica y la internacionalización. Se expone la metodología utilizada en la parte empírica del trabajo.

El capítulo 3 presenta el sector químico español, su importancia dentro de la industria así como su posición internacional, entre otras características sectoriales.

El capítulo 4 contiene una panorámica de las bases de datos, las técnicas econométricas utilizadas en el trabajo, así como el análisis de la base de datos. A nivel de base de datos se explotan las bases de datos AMADEUS y SABI. Por último, las técnicas econométricas: para medir la productividad se usan los métodos de Mínimos Cuadrados Ordinarios, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios. En cuanto a la eficiencia, se utiliza la metodología de la frontera estocástica, y por último, por lo que se refiere a la internacionalización, se han aplicado el test de normalidad Kolmogorov-Smirnov, el test de Wilcoxon-Mann-Whitney, el test Epps-Singleton y la regresión logística.

En el capítulo 5 se analiza el impacto de la PTF en la posición internacional de las empresas del sector químico español para el período 2007-2011. En el capítulo se estima la función de producción Cobb-Douglas, para posteriormente realizar la estimación de la PTF y analizar la evolución de dicha variable en el período 2007-2011. También se analiza la relación entre la productividad y el tamaño, así como, el nivel de productividad de las Comunidades Autónomas.

Asimismo, en el último capítulo 6, se analiza la relación entre la posición internacional y la productividad . En este análisis se presenta evidencia empírica de una relación causal positiva entre mayor productividad y las ventas al mercado exterior por parte de las unidades productivas o la existencia de IED. Dicho de otra manera, se estudia la relación entre la decisión de exportar o invertir (mediante IED) de las empresas y los diferenciales de productividad a favor de las empresas tanto exportadoras como inversoras.

En el capítulo 7 se estudia la existencia de la relación entre la eficiencia técnica y la posición internacional de las empresas del sector. La eficiencia técnica individual se mide por medio del Análisis de Datos Envolvente.

Por último, en el capítulo 8 se presenta una síntesis de las principales conclusiones de esta tesis doctoral y las implicaciones que pudieran derivarse de ella. Además, se exponen las futuras líneas de investigación.

CAPITULO 2

Estado de la cuestión

En este capítulo se realiza una introducción a los conceptos de productividad, eficiencia e internacionalización. Se revisa la literatura previa y se analizan los principales métodos empíricos utilizados.

2.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es revisar la literatura teórica y empírica sobre productividad, eficiencia e internacionalización. La exploración tiene por objeto elaborar un marco conceptual preciso sobre los conceptos analizados y exponer las aplicaciones empíricas que se han desarrollado.

La sección 2.2 se centra en el análisis teórico de la productividad. En la sección 2.3 se plantea el estudio de la eficiencia técnica con la revisión de los antecedentes teóricos y empíricos.

Por último, en la sección 2.4 se examina la relación entre las variables productividad y eficiencia técnica con la internacionalización de las empresas, desde el punto de vista de la “*New*” *new trade theory*.

2.2. Productividad

En las dos siguientes subsecciones (2.2.1 y 2.2.2), se detallan el concepto y principales medidas de la productividad.

2.2.1. Marco conceptual

El concepto de productividad se refiere a la capacidad de los factores productivos o inputs de generar productos u outputs. Se analiza mediante la relación existente entre la cantidad de factores utilizados y la cantidad de producto obtenido.

La definición común de productividad se refiere a la ratio de los outputs producidos con respecto al total de inputs utilizados para su obtención (Parkin, 1995; Hulten, 2000; De Guevara, 2011).

En la actualidad existe un debate sobre la estimación de la productividad, ya que no existe un único método para su estimación (Huergo y Moreno, 2004). La simplicidad empírica y la disponibilidad de los datos hacen que la Productividad Total de los Factores (PTF), o también conocida como Productividad Multifactorial (MFP) (Clavijo, 1990) sea el más utilizado (Clavijo, 1990; Griliches, 1996; Bartelsman y Doms, 2000; Helpman, 2007). La MFP tiene como principal objetivo analizar el efecto conjunto de las variaciones en la cantidad

de diversos factores y su aportación al nivel de producción (Clavijo, 2003; Chaves, 2005).

Una buena parte de la extensa literatura se centra en la medición de la productividad, en su crecimiento y en el análisis de las causas de su crecimiento y considerar los factores que permiten explicarlo. La tecnología y el cambio técnico son razonadas como principales causas del crecimiento (Huergo y Moreno, 2004).

2.2.2. Principales medidas de productividad

Si bien el concepto de productividad parece claro, ha habido diversas estrategias y metodologías para su estimación empírica. Dos factores han condicionado a estas metodologías. Por un lado, la disponibilidad de datos adecuados y por otro, la precisión y variabilidad de la estimación (Hulten, 2000; Huergo y Moreno, 2004).

En la literatura se han clasificado en dos grandes grupos las medidas de estimación de la productividad: un primer grupo se centra en la estimación de la productividad individual de cada uno de los factores productivos, y un segundo grupo determinado por la estimación de medidas multifactoriales, es decir, la aportación de todos los factores productivos conjuntamente o productividad multifactorial, calculada de manera empírica como el “residuo de Solow” o cambio tecnológico (Barro, 1999).

Una primera cuestión es la medición de los factores y el producto. Inicialmente, la productividad se considera una relación entre cantidades físicas de inputs y outputs. Dadas las dificultades de medir en términos físicos la producción, la diversificación de productos y servicios y la extensión de la producción conjunta, se ha utilizado ampliamente medidas de valor económico. Las principales variables utilizadas para la medición de la cantidad producida u output son: aquellas que miden directamente la cantidad en unidades físicas (output) y/o el valor añadido.

Se utilizan como cantidades físicas de factores: la cantidad de trabajo empleado (medido mediante las horas contratadas o el número de empleados, etc.), el factor capital (puede obtenerse ajustando el *stock*

de capital por la capacidad utilizada (Harberger, 1969)²), las cantidades conjuntas de capital y trabajo, y, por último, planteamientos más desagregados que consideran multiplicidad de factores, incluyendo otros inputs intermedios (productos semielaborados, energía, capital intangible, etc.). Los criterios que determinan las principales medidas de cálculo de la productividad se resumen en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. *Medición de la productividad*

Tipo de medida de output	Tipo de medida de factor			
	Trabajo	Capital	Capital y trabajo	Capital, trabajo e inputs intermedios
Output	Productividad laboral (basado en output)	Productividad de capital	MPF Capital-Trabajo (basado en outputs)	Productividad multifactorial ³
Valor añadido	Productividad laboral (basado en valor añadido)	Productividad de Capital (basado en valor añadido)	MPF Capital-Trabajo (basado en valor añadido)	-
	Medidas simple de los factores productividad		Medida de productividad Multifactorial	

Fuente: OCDE (2001, pp. 13)

² Se considera como costo de capital todos aquellos costos sobre los bienes que incluyen adiciones, transferencias y reemplazos.

³ Para la estimación de este tipo de productividad multifactorial se desarrolla el proyecto estadístico KLEMS que tiene como principal objetivo la creación de una base de datos sobre productividad por rama de actividad para los países miembros de la Unión Europea.

2.2.3. Marco teórico

En este epígrafe se analizan los métodos para estimar la productividad y su evolución desde dos perspectivas: macroeconómica (subsección 2.2.3.1) y microeconómica (2.2.3.2). También se consideran los métodos no paramétricos (subsección 2.2.3.3) y paramétricos (subsección 2.2.3.4).

2.2.3.1. Perspectiva macroeconómica

El análisis de la evolución de la productividad tiene su origen en “la riqueza de las naciones” y en las aportaciones seminales de A. Smith sobre las causas del crecimiento o el aumento del bienestar. Smith apuntaba a dos factores primordiales: la productividad y la tasa de actividad (Di Filippo, 2009).

El modelo de crecimiento neoclásico de Solow (1956-57) es el trabajo pionero en intentar medir la evolución de la productividad mediante la utilización de la llamada *contabilidad del crecimiento*.

La contabilidad del crecimiento consiste en estimar una función de producción (Cobb-Douglas). Al realizar la estimación de la función de producción propuesta por Solow⁴ se obtiene un residuo no explicado, que el autor atribuye al cambio técnico: la mejora de las técnicas de producción que no puede explicarse solo con el crecimiento de la cantidad de los factores productivos.

Hicks (1979) explicita la necesidad de justificar y flexibilizar los supuestos económicos sobre los que descansa el Modelo de Solow, que son:

- Rendimientos de escala constante.
- Pago a los factores de acuerdo a su productividad marginal.
- Progreso técnico neutro.

⁴ En los trabajos de Koopmans (1965) y Cass (1965) se dan ampliaciones del modelo de Solow (1956-57).

- Rendimientos decrecientes en el capital gravan y son determinantes en los ejercicios de contabilidad.

En las últimas décadas el modelo neoclásico de crecimiento de Solow ha recibido un sinnúmero de críticas, debido a que la tasa de crecimiento a largo plazo depende de la tasa de crecimiento de la población activa y de los beneficios exógenos de productividad (Sala-i-Martin, 2000). De entre estas críticas cabe destacar:

- La existencia de una tasa de crecimiento exógena, la cual no depende ni de la decisión, ni de los diferentes agentes económicos, ni del Estado, no es convincente (Romer, 1987, 1989a).
- El modelo de Solow no permite estimar las diferencias de crecimiento entre países o regiones (Barro y Sala-i-Martin, 1990).
- Lucas (1990) muestra que el modelo neoclásico no explica por qué el capital no se desplaza de las regiones ricas a las pobres, aun siendo la productividad marginal del capital menor en estos últimos.

En la década de 1980 se inicia una nueva línea de investigación centrada en analizar los determinantes del progreso técnico, partiendo de la base de que el progreso técnico es endógeno. Los modelos desarrollados consideran que la especialización en actividades de alta capacidad tecnológica, la acumulación de experiencia, y el mayor nivel de formación contribuyen a aumentar las tasas de crecimiento de la productividad (Romer, 1986; Lucas, 1988; Prescott, 1988).

Según la nueva teoría del crecimiento, es necesario introducir nuevos elementos para poder obtener una explicación empírica convincente del crecimiento real:

- Tener en consideración que la educación y la formación, la acumulación de capital humano, incrementa la eficiencia productiva (Becker y Murphy, 1988; Barro, 1989; Romer, 1989b; Barro, 1991).

- La mejora y difusión del conocimiento genera rendimientos crecientes de escala (Romer, 1986).
- El aprendizaje y el *know-how* permiten mejorar la eficacia (Stokey, 1988).
- La inversión en I + D, capital humano, y gastos públicos, permite el crecimiento del progreso técnico (Barro, 1988).

Estos modelos sugieren que aquellas economías especializadas en actividades con una alta capacidad tecnológica tienen mayores tasas de crecimiento en su productividad (Lucas, 1988). Así, podemos afirmar que la hipótesis central de la teoría del crecimiento endógeno es: *la productividad marginal del capital no decrece cuando el stock de capital aumenta* (Stokey, 1991; Aghion y Howit, 1992; Solow, 1994).

Así mismo, una acumulación de experiencia adquirida por parte de los trabajadores y un mayor nivel de educación de éstos, permite un incremento de la productividad de los individuos (Lucas 1988). Mankiw, Romer y Weil (1992) afirman que el capital humano tiene un lugar legítimo en la función de producción agregada y que, además, su contabilización conjunta con el capital físico explica el porqué de las grandes diferencias existentes en los niveles de renta observados entre países.

Romer (1990) concluye que la tasa exógena constante de cambio tecnológico (Solow, 1957) no explica las tendencias del crecimiento. Es por esto que propone un modelo en el que se incluyen las externalidades en la acumulación de conocimientos. Consecuentemente, bajo ciertos parámetros, aun existiendo crecimiento endógeno, no puede garantizarse crecimiento indefinido (Romer, 1990).

Desde finales de los años 80 y principios de los 90, los modelos teóricos han intentado endogeneizar el crecimiento económico a largo plazo, no sólo en base a la contribución de los factores productivos y al crecimiento de la productividad, sino también respecto a factores políticos. El crecimiento de la PTF viene explicado en un alto porcentaje por un aumento de la I + D (Mohnen, 1996) ya que es el

origen del cambio técnico (Romer, 1990). Las innovaciones provienen de las acciones realizadas por individuos con conocimientos extraordinarios, y la acumulación de conocimientos puede depender de la existencia de incentivos económicos (Baumol, 1990). Sin embargo, las tasas de recursos destinados a I + D no pueden continuar aumentando indefinidamente (Jones, 2002).

Otros modelos sugieren que el producto mejora dentro de una escala de calidad (Grossman y Helpman, 1991a) y que el cambio técnico proviene directamente de las mejoras de calidad del producto (Barro y Sala-i-Martin, 1994). Algunos estudios, parecen confirmar que la relación entre PTF y calidad es positiva a largo plazo (Young, 1998). Baumol y Batey-Blackman (1989) encuentran una fuerte correlación entre el crecimiento de la PTF y el crecimiento anual de la ratio de capital y trabajo para siete países de la OCDE en el período 1880-1979.

La relación existente entre productividad e innovación se analiza a diferentes niveles de agregación:

- A nivel macroeconómico, a nivel de país y/o de región. Coe y Helpman (1993) muestran que el “stock de capital humano” – este viene determinado por el gasto acumulado en I + D por un país- nacional y extranjero ayudan a explicar el crecimiento de la PTF en los países de la OCDE. Lööf, Hesmati, Asplund y Naas (2001) y Wieser (2005) presentan evidencia empírica de una relación positiva entre el crecimiento de la PTF y la inversión en I+D
- El sector económico. Fernald y Ramnath (2004) analizan la aceleración de la PTF en EE.UU. entre dos sub-períodos determinados por: 1990-1995 y 1995-2000. En ellos encuentran que el aumento de la PTF no provienen mayoritariamente de sectores productores de tecnología de la información, sino más bien de aquellos sectores que son fuertes usuarios de esta tecnología. Vergara y Rivero (2006) realizan una estimación de la PTF para seis sectores de la economía chilena (industria, electricidad, gas y agua, construcción, comercio, restaurantes y hoteles, transporte y

comunicaciones, y servicios financieros) para los sub-periodos: 1986-1995 y 1996-2001, obteniendo que aquellos sectores más intensivos en tecnología de la información tienen un mayor crecimiento de la PTF.

- La industria o conjunto de empresas. Gumbau-Albert y Maudos (2002) y Fariñas y Martín-Marcos (2004) realizan una estimación de una función de producción para la industria española.
- La empresa o unidad productiva (Petrin, Levinsohn y Poi, 2003; Levinsohn y Petrin, 2003). Las estimaciones realizadas muestran una correlación positiva entre la variable productividad y el aumento de la inversión en I+D, en este caso para las empresas francesas (Crépon, Duguet y Mairessem 1998), con resultados concluyentes para empresas alemanas y suecas (Janz, Löff y Peters, 2003). Duguet (2006) plantea y realiza la estimación de dos tipos de innovación:
 - i. Innovación incremental: hace referencia a cambios dados en los productos.
 - ii. Innovación radical o inserción de nuevos productos en el mercado. Estas son aquellas que influyen en la mejora de la PTF.

A pesar de las importantes aportaciones teóricas (y empíricas) realizadas por los modelos neoclásicos, hemos podido documentar ciertas limitaciones para “explicar” el crecimiento. Es por ello que la literatura neoclásica ha aportado soluciones teóricas y empíricas a estas limitaciones, como la introducción del capital y del trabajo, las propuestas para endogeneizar el progreso técnico, la inversión en I + D, y el capital humano, que juega un papel fundamental en la teoría neoclásica.

2.2.3.2. Perspectiva microeconómica

El estudio de la productividad y de los factores que determinan su crecimiento para un sector es un tema clásico en la Economía Industrial (véase Christensen, Jorgenson y Lau, 1973; Jovanovic,

1982; Ericson y Pakes, 1995). A nivel internacional existe un numeroso conjunto de trabajos empíricos que abordan estas cuestiones desde enfoques muy diferentes. El número de estudios empíricos referidos a empresas⁵, si bien ha crecido en los últimos años, es mucho más reducido, en parte debido a la aparición tardía de bases de datos accesibles con ese nivel de desagregación (Del Gatto, Di Liberto y Petraglia, 2011).

Del Gatto *et al.* (2011) exponen cuatro razones para analizar la productividad a nivel microeconómico:

- Analizar los canales que determinan la competencia y la selección de empresas en base los incentivos de la innovación (Aghion y Howitt, 1999).
- La existencia de diferencias notables en la organización y los procesos de producción entre aquellos sectores que tienen mayor valor tecnológico (Acemoglou, Aghion y Zilibotti, 2006).
- La relación entre proceso de integración internacional y productividad (Melitz, 2003; Melitz y Ottaviano, 2008).
- Y, por último, la medición de las diferencias de productividad entre empresas, y el estudio de los factores que las determinan (Dwyer, 1996; Roberts y Tybout, 1999; Dunne, Haltiwanger y Foster, 2000; Aw, Chen y Roberts, 2001; Pavcnik, 2002; Syverson, 2004).

A esta clasificación que realizan Del Gatto *et al.* (2011), habría que añadir un quinto grupo que determina el papel de la reasignación de recursos productivos entre empresas con distintos niveles de productividad (Olley y Pakes, 1996; Bartelsman y Dhrymes, 1998).

Es destacable cómo el concepto de productividad se ha ido relacionando con otros indicadores en los últimos años: el crecimiento del empleo (FitzGerald, 1998), la situación competitiva a nivel internacional de las empresas (Bernard y Jensen, 2004b; Damijan y

⁵ Desde un punto de vista empírico, la literatura se ha centrado en el estudio de los diferenciales de productividad tanto a nivel sectorial como empresarial (Griliches y Regev, 1995; Good, Nadiri y Sickles, 1997).

Kostevc, 2010; Aw, Roberts y Xu 2011) y la adopción de nuevas tecnologías (Strassmann, 1990; Van Biesebroeck, 2003).

La relación existente entre dichas variables puede verse claramente mediante el siguiente ejemplo: si un país tiene un grado de apertura exterior elevado esto permite la entrada de nuevos competidores que a su vez impulsa a las empresas nacionales a adoptar modificaciones organizativas y técnicas para seguir siendo competitivas mejorando su productividad y absorbiendo nuevo capital humano (Dahlman, Ross-Larson y Westphal, 1987; Baily, Hulten y Campbell, 1992; Constantini y Melitz, 2008).

Por tanto, la productividad puede considerarse como un condicionante importante del crecimiento de la empresa. Así como un elemento generador de ventajas competitivas⁶ (Hayes y Wheelwright, 1984; Pinilla, 2001).

2.2.3.2.1. Medición de la productividad: Algunas consideraciones

Los trabajos empíricos para la medición de la productividad realizados a nivel microeconómico optan por enfoques metodológicos que presuponen la existencia de una función de producción (Nadiri, 1970; Nelson, 1981; Bartelsman y Doms, 2000). Según los supuestos que realizan respecto a la función, pueden clasificarse en:

- Un grupo de estudios que consideran rendimientos constantes a escala y mercados de competencia perfecta, centrados en ejercicios de contabilidad del crecimiento, utilizando la noción de productividad definida en términos del residuo de Solow (Huergo y Moreno, 2004).
- Los que estiman paramétricamente la función de producción (Asplund y Nocke, 2006; Akerberg, Benkard, Berry y Pakes, 2007).

⁶ La mejora de la relación existente entre inputs y outputs conllevaría teóricamente mayores niveles de bienestar. Si bien, Pilat (2004) afirma que esta tesis es cuestionable debido a: la falta de estadísticas depuradas, el problema de la correcta determinación de precios cuando existen multiproductos, imperfecciones en los mercados, etc.

- Aquellos que estiman ecuaciones del crecimiento de la productividad (Huergo y Moreno, 2004).

Dadas las diferencias en los métodos y los supuestos teóricos realizados, la medición de la productividad debe realizarse de la manera más detallada posible (Jovanovic, 1982; Hopenhayn, 1992; y Olley y Pakes, 1992).

Formalmente, la función de producción puede expresarse como una función de inputs, corregida por el factor tecnológico (Greene, 2008):

$$Y_{it} = A_{it} F(X_{it}) \quad [2.1]$$

donde Y_{it} es el vector $Y = Y(y_1, \dots, y_m)' \in R^m_+$ de outputs de una unidad productiva i en el periodo t , X_{it} el vector de inputs $X = X(x_1, \dots, x_n)' \in R^n_+$ de una unidad productiva i en el periodo t y el término A_{it} representa el progreso técnico. Como tal, ésta está determinada por los cambios tecnológicos a lo largo del tiempo.

Por tanto, la función de producción se define como la relación existente entre los bienes y servicios obtenidos u outputs, los cuales pueden ser valorados como: el deflactor de las ventas, importe neto de cifra de negocios o bien como el valor añadido, y los recursos consumidos en el proceso productivo (Levinsohn y Petrin, 2003; Katayama, Lu y Tybout, 2005).

Con asiduidad los estudios sobre productividad a nivel microeconómico asumen la función de producción con tres factores productivos y un output (Katayama *et al.* 2005). Este enfoque ha sufrido una importante transformación en los últimos años debido al incremento de la literatura teórica que introduce nuevos factores y argumentos, así como a la disponibilidad de información y nuevas bases de datos permitiendo el aumento de las variables explicativas (Katayama *et al.* 2005).

Las principales ideas extraídas de esta literatura pueden sintetizarse en dos grandes grupos⁷:

- El primero se centra en documentar y analizar la productividad postulando una serie de evidencias. Las más destacadas son:
 - a. La dispersión de productividad entre empresas.
 - b. La uniformidad de los cambios en la producción.
 - c. Las consecuencias de la salida y entrada de empresas en el mercado, entre otras.
- El segundo grupo describe los factores que hay tras el crecimiento de la productividad. Los cuales hacen referencia a:
 - a. La capacidad empresarial.
 - b. La tecnología.
 - c. El capital humano.
 - d. La regulación de la competencia y/o la vinculación de las empresas con los mercados internacionales.

La literatura disponible presenta al menos tres tipos de métodos para la estimación de la productividad: no paramétrico⁸, paramétrico y de productividad parcial (Griliches y Regev, 1995).

Los métodos paramétricos y no paramétricos presentan dificultades teóricas y empíricas en la estimación (Griliches, 1987, p.1010-13):

- a. Cómo determinar correctamente la medida de output (OCDE, 2004).
- b. Cómo medir correctamente el concepto de capital.
- c. Cómo medir el input (OCDE, 2004).

⁷ Para una revisión de la literatura ver Batelsman y Doms (2000).

⁸ Van Biesebroeck (2007) revisa la literatura respecto al test no-paramétrico, especialmente, en referencia a los números índice.

- d. El papel que juegan los gastos en I + D y las infraestructuras públicas y cómo considerarlas en las estimaciones.
- e. El tratamiento correcto de los datos, especialmente cuando las bases de datos presentan carencias.

2.2.3.2.1.1. Método no paramétrico

Los métodos no paramétricos presentan como principal ventaja su grado de generalidad. Este enfoque también es conocido como el de los números índices (Pombo, 1999). Así, los números índices proporcionan un valor útil para la comparación de magnitudes de los agregados de variables relacionadas, y a su vez, miden los cambios entre los valores de dichas variables en un plazo temporal. Esta metodología viene determinada por ser un procedimiento de *cálculo axiomático* o *contable*.

Por tanto, los números índice se definen como una ratio de outputs *versus* inputs. El resultado de esta ratio es la productividad o rendimiento de la unidad productiva, y su principal ventaja es que no requiere especificar la forma funcional de la función de producción predeterminada. Por tanto, implica mayor simplicidad de cálculo puesto que permite cuantificar la PTF sin necesidad de conocer los parámetros de las funciones de producción.

Asimismo, el número índice es el número real que mide el cambio en un conjunto de variables relacionadas⁹,

$$\theta = \frac{Q_y}{Q_x} \quad [2.2]$$

Donde θ es el nivel de PTF, Q_y es la cantidad de output y Q_x es la cantidad de input. En este caso se plantea un proceso sencillo para la obtención de un único output con la utilización de un único input, en el cual no se tiene en consideración el precio de los inputs / outputs. Teniendo en cuenta los precios podemos reescribir la expresión [2.2]:

⁹ Para un resumen de los números índices que pueden ser utilizados para el cálculo de la PTF ver Diewert (1979).

$$\theta_M = \frac{P_{sy} \cdot Q_{sy}}{P_{tx} \cdot Q_{tx}} \quad [2.3]$$

Donde θ_M es el nivel de PTF de un conjunto de M productos del período s a t , con sus respectivos precios. Si el resultado es superior a la unidad se interpreta como un incremento de la producción mayor al aumento de la cantidad de factores productivos utilizados. En cambio, un valor menor a 1 indicaría un decremento de la PTF, por tanto, un mayor incremento de la utilización de los factores productivos con respecto a la producción final. El principal problema de este método es cuando se consideran más de dos productos, debido a que la agregación de precios y cantidades de éstos bienes no se ajusta correctamente, ya que no tiene en cuenta la importancia relativa de los diversos bienes.

Para evitar precisamente esta restricción se utilizan otros métodos agregados ponderados. Éstos, son los *números índice*, que introducen una mejora en su representación funcional. Definimos tres tipos de números índice: el *enfoque axiomático*, el *enfoque económico* y finalmente, el *enfoque de los índices multilaterales de productividad*.

1. En el *enfoque axiomático* se consideran los índices (Diewert, 1992) de Paasche, de Laspeyres, de Fisher y de Törnqvist.

- 1.1. El *índice de Paasche*, mide la variación de la PTF en base a las variaciones de las cantidades del período actual.

$$\theta_M = \frac{\sum_{i=1}^R p_{0i} \cdot q_{1i}}{\sum_{i=1}^R p_{1i} \cdot q_{1i}}; i = 1, \dots, I \quad [2.4]$$

Tiene la ventaja de combinar los efectos de los cambios de los precios y cantidades.

- 1.2. El *índice de Laspeyres*, utiliza para el cálculo los valores de un período base, lo que permite la

comparación de precios y cantidades de un período a otro.

$$\theta_L = \frac{\sum_{i=1}^R p_{i1} \cdot q_{i0}}{\sum_{i=1}^R p_{i0} \cdot q_{i1}}; i = 1, \dots, I \quad [2.5]$$

El índice de Laspyeres mide como producir lo mismo pero con mayor cantidad de factores, puesto que una variación del input total se debe únicamente a cambios en las cantidades utilizadas en el año base y en el año actual.

- 1.3. El *Índice de Fisher*¹⁰ se calcula mediante la media geométrica de los índices de Paasche y Laspeyres (Fisher, 1927),

$$\theta_I = \sqrt{\theta_p \cdot \theta_L} \quad [2.6]$$

El índice de Fisher utiliza la información de ambos periodos, tanto el corriente como el base. Es un *índice simétrico*, debido a que pondera igualmente los valores de un período y del otro.

- 1.4. El último índice utilizado es el de Törnqvist, o también conocido como *índice de Törnqvist-Theil*, que se computa mediante una media geométrica ponderada de las cantidades (o los precios) en los períodos corrientes y base,

$$\theta_M = \prod_{i=1}^I \left\{ \frac{q_i}{q_{i-1}} \right\}^{\frac{(s_{i-1} + s_i)}{2}} \cdot i = 1, \dots, I \quad [2.7]$$

¹⁰ Para encontrar un listado de las propiedades matemáticas ver a Eichorn y Voeller (1976) y Diewert (1992).

Donde s_i es la proporción del valor del producto en el total del período i y s_{i-1} es la proporción del valor total del producto en el total del período $t - 1$. En esta segunda expresión, se denota el índice de Törnqvist-Theil para los precios.

$$P_{st}^T = \prod_{i=1}^N \left[\frac{P_{it}}{P_{is}} \right]^{\frac{w_{is} + w_{it}}{2}} \quad [2.8]$$

El índice de Törnqvist puede representarse mediante su forma logarítmica,

$$\ln P_{st}^T = \sum_{i=1}^N \left(\frac{w_{is} + w_{it}}{2} \right) [\ln p_{it} - \ln p_{is}] \quad [2.9]$$

Cada uno de estos índices tiene ventajas e inconvenientes. Los de Paasche y Laspeyres tienen una fácil interpretación, y son consistentes en agregación. En cambio, no son índices simétricos, como tampoco cumplen con la condición de “superlatividad”, ésta considera a un índice como exacto para una forma funcional flexible, que es la que proporciona una aproximación de segundo orden a cualesquiera de las funciones de utilidad comúnmente aceptadas (Diewert, 1983). Según Ruano (2002: 24) un índice es superlativo cuando: *“la función de agregación consistente con dicho índice es una forma funcional flexible, es decir, la función constituye una aproximación de segundo orden para cualquier otra función de agregación lineal homogénea dos veces diferenciable”*. Asimismo, el índice de Laspeyres sobreestima el resultado, mientras que el de Paasche subestima las variaciones producidas por los precios y las cantidades. Debido a esta circunstancia puede dar lugar a sesgos estadísticos, y presentar deficiencias interpretativas.

El índice de Fisher es exacto cuando asume una función homogénea cuadrática, por lo tanto, es un índice “superlativo” y simétrico. La utilización del Índice de Fisher permite mitigar el problema de la subestimación o sobreestimación de los índices anteriores.

El índice de Törnqvist-Theil es exacto cuando la función es translogarítmica homogénea, y es un índice “superlativo” y simétrico (Caves, Christensen y Diewert, 1982).

2. *Enfoque económico*. Se utiliza la forma funcional del índice de cantidades, precios o de productividad asociada a una determinada función de agregación¹¹ bajo el supuesto de que los agentes económicos (es decir, empresas) toman sus decisiones optimizando una función objetivo (es decir, maximizando la función de beneficios o minimizando la función de costes). De estos índices teóricos el más importante es el *índice de Divisa*.

La principal característica del índice de Divisa es que considera que entre el período inicial y el final existen infinitos períodos, por lo tanto, se corresponde con el límite obtenido encadenando índices binarios. Este indicador no es un índice “superlativo” (Diewert, 1976).

Tanto el enfoque *axiomático* como el *enfoque económico* presentan limitaciones. Los índices *axiomáticos* no satisfacen propiedades importantes como la transitividad, la simetría y la “superlatividad”. El índice de Divisa, a su vez, es un índice teórico válido para series continuas, por lo que obliga a realizar aproximaciones con datos discretos. Por tanto, para que un índice sea considerado “bueno” o “correcto”, debe cumplir con las condiciones de simetría, “superlatividad” y transitividad.

¹¹ El concepto de función de agregación lo introdujo Diewert (1976), y hace referencia a la función objetivo en el problema de optimización que resuelve el agente económico, ya sea éste un productor, en cuyo caso la función sería igual a la función de costes o función de producción, o un consumidor, refiriéndose en este caso a la función de utilidad.

3. Para mejorar las estimaciones de la PTF con los índices definidos anteriormente, se utilizan *índices multilaterales de productividad*. Hasta ahora se ha definido una medida relativa de productividad puesto que su estimación se basa en la comparación de dos observaciones referidas a un mismo agente económico en dos períodos diferentes, o bien dos agentes económicos en el mismo o en diferentes períodos. Sin embargo, esta situación limita la interpretación cuando se realizan comparaciones multilaterales ya que no satisfacen el principio o condición de transitividad (Fisher, 1922). Es por ello que se proponen los índices multilaterales de productividad.

Uno de estos índices multilaterales es el propuesto por Caves, Christensen y Diewert (1982a, 1982b), que tiene en cuenta las empresas de diferentes tamaños que existen en una muestra¹².

Este índice puede ser apropiado tanto para datos de sección cruzada como para datos de panel. La aplicación para datos de panel se ha desarrollado en Delgado *et al.* (2002), Girma, Kneller y Pisu (2003) y Ahn, Fukao y Kwon (2005).

Caves *et al.* (1982a, 1982b) toman como punto de partida el índice de Törnqvist-Theil (Diewert, 1982). Este índice permite realizar comparaciones transitivas entre empresas que pertenecen a diferentes categorías, así como el nivel de productividad de cada empresa con respecto al de la empresa media de la categoría a la que ésta pertenece.

Si el valor del índice es menor que 0 (al utilizarse logaritmos), se interpretaría como una caída de la PTF. En cambio, si el valor del índice es igual a 0 indica estabilidad en la PTF.

El índice multilateral de Caves *et al.* (1982) puede escribirse como:

¹² Éste índice es una extensión del modelo propuesto por Diewert (1976).

$$\ln PTF_{it} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (r_{is} + \bar{r}_{it}) (\ln q_{it} - \ln \bar{q}_{it}) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K (s_{js} + \bar{s}_{jt}) (\ln x_{jt} - \ln \bar{x}_{jt}) \quad [2.10]$$

Donde q es el output de la empresa j -ésima en el período i -ésimo y del factor r -ésimo. x es el input de la empresa j -ésima, s_{itf} es la participación del input f ($f = 1, \dots, F$) en el coste total de la empresa j de tamaño τ , y $x_{j\tau f}$ es la cantidad del input f utilizado por ella, para el periodo de tiempo t ($t = 1, \dots, T$).

Los términos \bar{r} , \bar{q} , \bar{s} y \bar{x} representan los logaritmos de la participación en el ingreso total, del output, del input y de la participación del input de la empresa de referencia. Dicha empresa es hipotética y se construye mediante una media aritmética (\bar{q}_i y \bar{s}_i) de la participación de los inputs respecto al total de outputs e inputs de todas las empresas que constituyen la muestra, y una media geométrica de las cantidades de inputs (\bar{x}_i). Si se construye esta empresa-referencia para un período de tiempo concreto, debe considerarse como base el período de tiempo anterior.

El índice multilateral de Caves *et al.* (1982) mide la diferencia proporcional en la PTF de la empresa f en el año t respecto a una empresa referencia del sector. Por tanto, para dicho sector la empresa de referencia es aquella:

- Cuya producción coincide con la media geométrica de la producción de las empresas del sector para todo el periodo considerado.
- Para la que las cantidades de los factores son iguales a la media geométrica de las cantidades de factores en el sector para todo el periodo.
- Para la que las participaciones de los factores productivos son iguales a la media aritmética de todos aquellos costos que participan en la producción final para todo el período.

Good *et al.* (1997) proponen una extensión del índice de Caves *et al.* (1982a, 1982b). Éste garantiza la descomposición de la PTF en dos componentes y el cumplimiento de la transitividad tanto dentro como entre los grupos de la muestra.

A pesar de la simplicidad del cálculo de la productividad mediante la utilización de los números índices, existen dos supuestos que limitan su uso:

- a. Los rendimientos constantes a escala.
- b. La competencia perfecta.

La utilización del método paramétrico ayuda a solventar las limitaciones. Los trabajos de Ericson y Pakes (1995), Griliches y Regev (1995), Olley y Pakes (1996), Levinsohn y Petrin (2000) y Petrin, Levinsohn y Poi (2003), entre otros, han adaptado esta metodología para la estimación de la PTF.

2.2.3.2.1.2. Método paramétrico

El método paramétrico supone una determinada forma funcional explícita para la función de producción. Se suele recurrir a las funciones tipo Cobb-Douglas, las funciones que incorporan términos cruzados como las Translogarítmicas y la función de Elasticidad de Sustitución Constantes (CES).

Existe multitud de trabajos empíricos que utilizan el enfoque paramétrico (Griliches y Regev, 1995; Álvarez y López, 2004; Hamit-Hagger, 2011).

2.2.3.2.1.2.1. Función de producción Cobb-Douglas

Una de las funciones de producción más sencilla y utilizada en la literatura es la de Cobb-Douglas¹³. Esta función de producción permite representar las relaciones existentes entre un output y las variaciones de tres factores productivos (capital, trabajo y tecnología).

¹³ Sobre la validez de este tipo de funciones ver Griliches y Mairesse (1998).

Una de las principales ventajas de la utilización de esta metodología es su flexibilidad, ya que permite incorporar todos los factores que pueden afectar a las unidades productivas.

En particular, siguiendo la teoría económica, se considera una función de producción de tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes:

$$Y = A L^{\alpha} K^{1-\alpha} \quad [2.11]$$

Donde Y es el output de la empresa en un año cualquiera, K es el stock de capital, L es el número de trabajadores, A representa la tecnología y α y $(1 - \alpha)$ son las elasticidades producto de los factores productivos, trabajo y el capital, respectivamente. De esta expresión se obtiene la productividad del trabajo (Y/L) como:

$$Y/L = A_i \left(K/L \right)^{1-\alpha} \quad [2.12]$$

Donde (K/L) representa el capital en términos por trabajador.

Existe una numerosa bibliografía que ha utilizado la función de producción Cobb-Douglas, por ejemplo, Lichtenberg y Kim (1989), para la industria de las aerolíneas para el período 1970-1984 en E.U.A. Bravo-Ureta y Rieger (1990) utilizan cuatro versiones de la función para la estimación de la producción de leche de vaca en Nueva Inglaterra y Nueva York. Baily *et al.* (1992) realizan la estimación de la PTF para establecimientos productivos. Hernando y Vallés (1994) analizan el efecto de las importaciones sobre la productividad para el período 1983-1989. Gort y Sung (1999) para el mercado de las telecomunicaciones en Estados Unidos. Driffield y Love (2002) para el sector manufacturero de los países de la OCDE. Céspedes, Aquije, Sánchez, y Vera-Tudela (2014) analizan la productividad de las empresas peruanas para los años 2002-2011.

Sin embargo, la función de producción Cobb-Douglas puede ser muy restrictiva debido a que impone una elasticidad de sustitución unitaria entre factores productivos (inputs). No obstante, esta restricción

parece poco razonable, ya que existe cierta evidencia de que las elasticidades del output en relación a un input varían sistemáticamente (Lauers y Whynes, 1978; Jensen y Morrissey, 1986).

Así mismo, existen diversos estudios que usan otros tipos de funciones de producción más flexibles, como es el caso de la formulación translogarítmica (Pinol, 1994; Charlot y Schmitt, 1999; Canning y Bennathan, 1999; Kumbhakar y Wang, 2005; Pires y García, 2012, entre otros) o la función CES (Arrow *et al.* 1961).

2.2.3.2.1.2.2. Función Translogarítmica

La función trascendental logarítmica (translog, en adelante) fue inicialmente propuesta por Christensen, Jorgenson y Lau (1973). La función translog permite que la elasticidad de sustitución varíe según las proporciones del producto y/o factor. La función translog para dos inputs viene determinada por:

$$\log y = \log A + \alpha_1 \log k + \beta_1 \log l + \alpha_2 (\log k)^2 + \beta_2 (\log l)^2 + A_2 k \log l \quad [2.13]$$

Donde, y es el output, y los inputs, k y l son capital y trabajo, respectivamente. Esta función es cuadrática en los logaritmos de los factores productivos empleados.

Para la estimación de la función de producción translog de manera general se consideran los factores productivos: trabajo y capital (Christensen *et al.* 1973).

Así, la función de producción translog una vez incorporados estos factores queda definida como:

$$\ln y = \ln \alpha_i + \sum_{i=1} \alpha_i \ln X_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1} \sum_{j=1} \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad [2.14]$$

Donde, i y j son L , K y M , que se definen como trabajo, capital y material. Alternativamente puede expresarse como:

$$\begin{aligned}
\ln y = & \ln \alpha_0 + \alpha_L \ln X_L + \alpha_K \ln X_K + \alpha_M \ln X_M + \\
& + \frac{1}{2} \beta_{LL} \ln (X_L)^2 + \beta_{LK} \ln X_L \ln X_K + \beta_{LM} \ln X_L \ln X_M + \\
& + \frac{1}{2} \beta_{KM} \ln (X_K)^2 + \beta_{KM} \ln X_K \ln X_M + \frac{1}{2} \beta_{MM} \ln (X_M)^2
\end{aligned} \quad [2.15]$$

Derivando la expresión [2.15], se obtiene la función de producto marginal para cada factor, sea $f_i = \delta y / \delta x_L$,

$$\frac{\delta \ln y}{\delta \ln X_L} = f_L \cdot \frac{x_L}{y} = \alpha_L + \beta_{LL} \ln x_L + \beta_{LK} \ln x_K + \beta_{LM} \ln x_M \quad [2.16]$$

Con lo que el producto marginal para el factor trabajo y los factores restantes pueden escribirse como,

$$\begin{aligned}
f_L &= (\alpha_L + \beta_{LL} \ln x_L + \beta_{LK} \ln x_K + \beta_{LM} \ln x_M)^q / L \\
f_K &= (\alpha_K + \beta_{KK} \ln x_K + \beta_{KL} \ln x_L + \beta_{KM} \ln x_M)^q / K \\
f_M &= (\alpha_M + \beta_{MM} \ln x_M + \beta_{MK} \ln x_K + \beta_{ML} \ln x_L)^q / M
\end{aligned} \quad [2.17]$$

Brendt y Christensen (1973) utilizan la función de producción translog para medir el input coste laboral de manera agregada en la industria manufacturera de Estados Unidos para el período 1929-1968.

Brendt y Christensen (1974) estiman la función de producción translog para la industria manufacturera Norte Americana para el período 1929-1968 para contrastar la existencia de un índice de agregación consistente para el factor trabajo.

2.2.3.2.1.2.3. Función CES

Arrow *et al.* (1961) proponen una función de producción Cobb-Douglas generalizada: la función de producción de elasticidad de sustitución constante (CES, en adelante).

El uso de funciones Cobb-Douglas implica considerar una elasticidad de sustitución unitaria y constante. La función CES permite analizar hasta qué punto este supuesto es correcto. La función CES es una función matemática que cumple con las siguientes propiedades:

- a) Homogeneidad de grado n .
- b) Elasticidad de sustitución constante entre el capital y el trabajo.
- c) La posibilidad de permitir la existencia de distintas elasticidades para diferentes industrias.

La función que proponen Arrow *et al.* (1961) presenta la siguiente forma:

$$Y = A [\delta k^p + (1 - \delta)L^p]^{1/p} \quad [2.18]$$

Donde y es el output, $A > 0$ es un parámetro de eficiencia positivo, $0 < \delta < 1$ y $p \geq -1$. Siendo δ es un parámetro de distribución de los factores K y L y $1/(1 - p)$ la elasticidad sustitución entre los factores, el capital y el trabajo.

No obstante, el modelo propuesto por Arrow *et al.* (1961) presenta el problema de no ser linealizable mediante una transformación logarítmica, y esto dificulta la estimación mínimo-cuadrática de sus parámetros.

Bajo el supuesto de que los regresores no están correlacionados con la perturbación contemporánea, se ha desarrollado el método de Kmenta (1967). Este método consiste en la estimación de los parámetros mediante una aproximación de la CES que es lineal en p . La forma funcional propuesta viene determinada por:

$$\ln \left(\frac{y}{L} \right) = \ln \alpha + (h-1) \ln L + h(1-\beta) \ln \left(\frac{K}{L} \right) - \left[\left(\frac{1}{2} \right) h \beta \rho (1-\beta) \right] \left[\ln \left(\frac{K}{L} \right)^2 + \mu \right] \quad [2.19]$$

Tal como se ha indicado anteriormente la función CES depende de la elasticidad de sustitución. Esta toma valores entre (0 e μ). Cuando toma valor 0, la función tiene una forma funcional de Leontieff, es decir, los factores se combinan en proporciones fijas. Mientras que, si el valor es 1, la función se reduce a una función de producción Cobb-Douglas.

La limitación que implica tener elasticidades constantes tanto en la función de CES como en la función de producción Cobb-Douglas motiva la utilización de una función más general, como por ejemplo, la función translog (Christensen *et al.* 1973).

2.3. Eficiencia

2.3.1. Marco conceptual

La eficiencia productiva de una determinada empresa se define como la relación existente entre los resultados que obtiene y los recursos involucrados en su producción. El análisis de la eficiencia se ha centrado en estudiar la capacidad de una empresa para mejorar su productividad por medio de la mejora en el uso de los recursos (Coelli, Rao, O'Donnell y Battese, 2005). Sin embargo, en la práctica parece aceptado el hecho de que la ineficiencia exista.

Gumbau y Maudos (1996: 3) indican que *“Dado que la ineficiencia productiva se define como la discrepancia del nivel actual de producción respecto al máximo técnicamente alcanzable situado en la frontera, la medición de la ineficiencia requiere necesariamente la estimación de la frontera de producción¹⁴”*.

¹⁴ Gumbau, M. y Maudos, J. (1996). “Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación frontera”, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, pp. 3.

Por tanto, se concluye que los indicadores de eficiencia se encuentran ligados directamente a la elección de la función modelo. Esta puede ser una *función de costos* o bien una *función de beneficio*, dependiendo de la elección del investigador y los datos disponibles (Pinilla, 2001).

Farrell (1957) desarrolló el concepto de eficiencia productiva tal y como lo conocemos en la actualidad. El cuál queda dividido en (Pinilla, 2001):

- a. *Eficiencia técnica*, refleja la habilidad de la empresa de obtener la cantidad máxima de outputs, dados los inputs.
- b. *Eficiencia asignativa*, hace referencia a la utilización de los inputs en las proporciones óptimas, dados sus precios respectivos.
- c. Por último, la *eficiencia de escala*, hace referencia a cuando la empresa produce en la escala de tamaño óptimo en la que es posible obtener el output con el que se maximiza el beneficio¹⁵.

El concepto de eficiencia técnica introducido por Farrell (1957) se desarrolla brevemente a continuación. Hay que hacer notar que puede interpretarse el resultado desde dos perspectivas: si se analiza el impacto de los inputs en la producción final u output, o bien si se analiza el output dados unos inputs (ver Figuras 2.1 y 2.2, respectivamente).

En la Figura 2.1 podemos observar la situación de una empresa que emplea dos inputs (x_1 , x_2) para producir un producto y , bajo las condiciones de rendimientos constantes de escala, con una función de producción convexa en x_1 y x_2 (Farrell, 1957).

¹⁵ La literatura empírica se ha centrado principalmente en la medición de la eficiencia técnica y se le ha prestado poca atención a la eficiencia económica y la eficiencia asignativa.

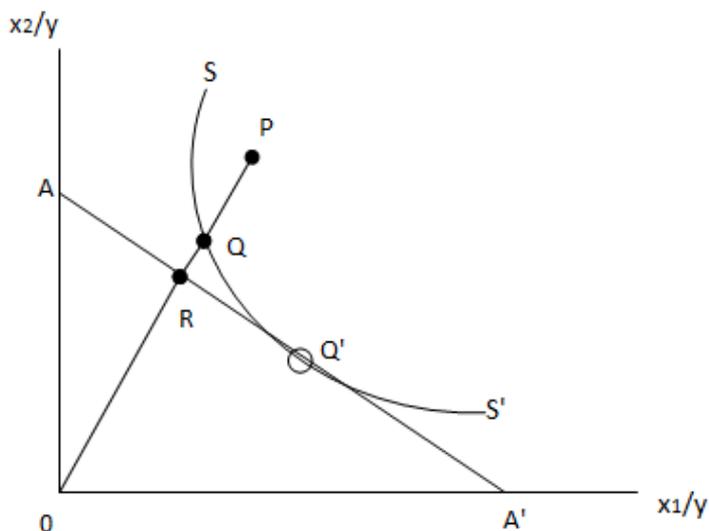


Figura 2.1. Medidas orientadas hacia los Inputs.

Fuente: Elaboración propia

La curva SS' de la Figura 2.1 es la isocuanta unitaria que identifica las múltiples combinaciones de los dos factores productivos que una empresa perfectamente eficiente podría usar para producir una unidad de output. Si una firma utiliza unidades de input situadas sobre el punto P , se dice que es técnicamente ineficiente, ya que puede reducirse el uso de inputs hasta el punto Q . Por tanto, el segmento QP es una cuantía de la ineficiencia técnica, así el porcentaje por el que todos los inputs pueden reducirse proporcionalmente manteniendo la producción de outputs en una unidad de salida viene definido por QP/OP . Es decir, para que una empresa sea técnicamente eficiente debe encontrarse en el punto Q' , sobre la isocuanta SS' .

El concepto es exactamente el mismo para las medidas orientadas hacia los outputs (ver Figura 2.2). En este caso se toma un input para la producción de dos outputs.

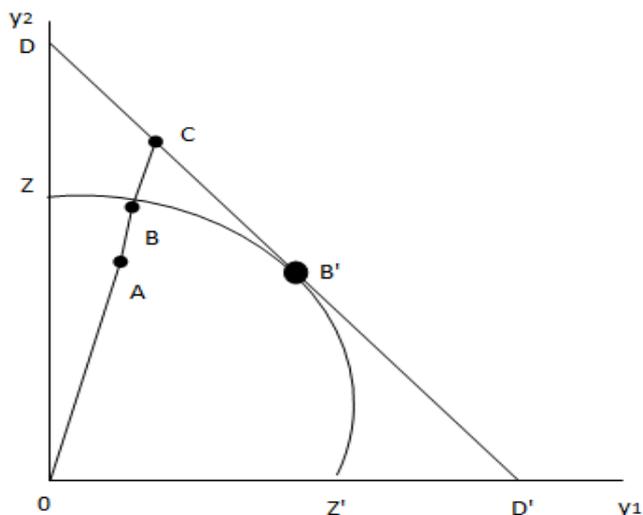


Figura 2.2. Medidas orientadas hacia los Outputs.

Fuente: Elaboración propia

La isocuanta indica todos los puntos que maximizan el producto dados los inputs disponibles X , por tanto, señala todos aquellos puntos técnicamente eficientes. Así, el punto C es inalcanzable dada la tecnología existente, el punto A es técnicamente ineficiente, dado que desperdicia recursos. En cambio el punto B' es estrictamente eficiente o eficiente de manera global, mientras que el punto B es técnicamente eficiente, pero no de manera asignativa. Por tanto, la eficiencia quedará medida como,

$$EE = ET \times EA = \frac{OA}{OB} \times \frac{OB}{OC} = \frac{OA}{OC} \quad [2.20]$$

El principal problema del índice radial radica en que no puede afirmarse categóricamente que cualquier unidad evaluada que se encuentre en la frontera a lo largo del vector radial pertenezca al subconjunto eficiente de la *frontera de posibilidades de producción (FPP)* (Färe y Lovell, 1978).

Para poder estimar y evaluar cualquiera de estas formas de (in)eficiencia, se necesita previamente la especificación de la frontera óptima de referencia.

2.3.2. Marco teórico

La propuesta de Farrell consiste en representar a la eficiencia desde una perspectiva real no ideal, donde cada unidad de producción sea evaluada en relación con otras tomadas de un grupo representativo y comparable. Así, las medidas de eficiencia son relativas y no absolutas, donde el valor alcanzado por una determinada unidad productiva, pertenezca a la desviación observada de una empresa con respecto a aquellas consideradas como más eficientes dada la información disponible. En este sentido, la metodología que propone Farrell es una técnica basada en el concepto de “*benchmark*” o referenciación (Flores y Gómez-Limón, 2006).

Sea un conjunto más o menos extenso de empresas comparables entre sí por la particularidad de que emplean el mismo tipo de inputs o factores para producir un conjunto de productos similar o equivalente. Para alcanzar un mayor nivel de generalidad, las denominamos como “unidades de toma de decisiones” (DMU: “*Decision Making Units*”).

El primero en introducir consideraciones teóricas al concepto de *eficiencia técnica* fue Koopmans (1951). En su investigación indica que, si la situación es eficiente, no es posible incrementar la cantidad de algún output (o de disminuir la de algún input) sin incrementar la cantidad de algún input (o decrementar la de algún output). Alternativamente, la disminución de un input cualquiera exige, al menos, el aumento de algún otro o la disminución de algún output.

El esquema de eficiencia técnica está pensado en un principio por la presencia de una frontera eficiente. Esta frontera determina la obtención de un máximo de outputs teniendo en cuenta un conjunto de inputs dados.

Dado que las empresas buscan transformar sus factores productivos o inputs en un cierto número de productos finales u outputs con respecto a unas restricciones tecnológicas, la eficiencia técnica permite

determinar cuáles son las combinaciones de factores productivos ($x \in R^+$) y outputs ($y \in R^+$) que son tecnológicamente factibles (Varian, 1999).

Así, la eficiencia técnica se define en términos de distancia a la frontera de producción, por tanto, la eficiencia técnica es una notación puramente física que puede medirse sin necesidad de la información de precios y sin suponer un comportamiento predeterminado de los productores (Kumbhakar y Lovell, 2000). No obstante, no todos los productores utilizan los mismos inputs que se requieren para producir unos outputs con una tecnología dada.

Estas combinaciones de inputs y outputs se conocen con el nombre de *conjunto de posibilidades de producción* o bien FPP, el cual debe satisfacer las siguientes propiedades (Kumbhakar y Lovell, 2000, pp. 19):

1. Es un conjunto cerrado y acotado superiormente para que los procesos productivos de la frontera sean técnicamente factibles.
2. Debe cumplirse que si $y > 0 \rightarrow x > 0$.
3. Eliminación gratuita de outputs, o lo que es lo mismo, pueden producirse menores cantidades de outputs con los mismos inputs.
4. Eliminación gratuita de inputs, es decir, puede producirse la misma cantidad de output con cantidades superiores de inputs.
5. Se permiten expansiones de inputs y contracciones de outputs en cualquier dirección.

Para la determinación de la frontera es necesario definir la forma funcional, que delimita el conjunto de producción que relaciona los outputs con los inputs.

$$Y(X) = \max \{y \mid y \in y(x)\} = \max \{y \in X(y)\} \quad [2.21]$$

Una vez definida la función [2.21] puede observarse que solo se tiene en consideración la producción de un único output. Para solucionar esta limitación y poder analizar situaciones de producción conjunta se proponen:

1. Las funciones de distancia (Shephard, 1970).
2. Las funciones radiales (Farrell, 1957).
3. Las funciones no radiales (Färe, 1975).

Si bien, cabe destacar que la gran mayoría de trabajos utilizan las medidas radiales para la estimación de la eficiencia (Farrell, 1957).

Para la realización de la estimación de la frontera óptima y poder determinar la eficiencia técnica se pueden llevar a cabo mediante dos planteamientos empíricos: utilizando funciones paramétricas o no paramétricas (Badel, 2002).

2.3.2.1. Método paramétrico

La *aproximación econométrica o paramétrica* (Lovell y Schmidt, 1988; Greene, 2008) supone una forma funcional para la función de producción y una estimación econométrica de dicha función. El trabajo de Aigner y Chu (1968) fue el pionero en utilizar una aproximación paramétrica para la estimación de la eficiencia técnica, utilizando una función de producción Cobb-Douglas.

Un método muy extendido es la estimación mediante la Frontera Estocástica o *Stochastic Frontier* (SF, en adelante). Éste método recibe un importante impulso cualitativo a partir de los trabajos realizados por Aigner, Lovell, y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977).

El modelo de SF puede expresarse como,

$$y = f(x; \beta) \exp \{v - u\} \quad [2. 22]$$

Donde y es el output, x es el vector de inputs, y β es un vector de parámetros tecnológicos. Así, se introducen dos parámetros aleatorios:

el primero, v , captura los efectos del ruido estadístico. El segundo término, u , captura los efectos de la ineficiencia técnica. Así, el modelo permite estimar la eficiencia (si $u=0$) o la ineficiencia del proceso ($u>0$). Habitualmente, la estimación del modelo se realiza mediante la máxima verosimilitud. Estas dos perturbaciones se incorporan en las funciones de comportamiento. Generalmente, en el análisis empírico se han utilizado tres tipos de funciones: de producción, de costes o de beneficios.

Kumbhakar y Lovell (2000) han ampliado y modificado el modelo propuesto por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977). En esta nueva especificación proponen realizar una enumeración de funciones de distribución más generales respecto a u_i . Esta extensión permite la incorporación de la distribución normal truncada, la inclusión del análisis de datos de panel o la extensión del modelo para funciones de costes.

La principal diferencia en la estimación de los modelos paramétricos consiste en el tipo de datos utilizados, ya que se han utilizado datos de corte transversal o datos de panel.

2.3.2.1.1. *Cross-Section* o Corte Transversal

El modelo empírico habitual para datos de corte transversal puede expresarse como:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^{k=K} \beta_k X_{ik} + u_i \quad [2.23]$$

Donde y es el producto de la i -ésima unidad productiva ($y_i \in R^+$); x_{it} es un vector $k \times 1$ de cantidades de inputs ($x \in R^+$); β son los parámetros que deben ser estimados y u_i es el residuo que captura la ineficiencia y también otros efectos aleatorios.

En el caso de ignorar estos efectos aleatorios el residuo u_i captura la ineficiencia, quedando especificado el modelo como:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^{k=K} \beta_k x_k - u_i \quad [2.24]$$

donde $u_i \geq 0$

A partir de esta función puede realizarse la estimación mediante la función de costes o bien la función de producción.

2.3.2.1.1.1. Frontera Estocástica de Costes

La especificación de una frontera estocástica de costes, implica modificar el término de error de $(v_i - u_i)$ a $(v_i + u_i)$. Si la función objetivo es una función de costes, hace falta conocer los precios de los inputs cosa altamente complicada, ya que no siempre se encuentran disponibles. Ahora, la especificación del modelo viene determinada como:

$$Y_i = \beta x_i + (V_i + U_i) \quad [2.25]$$

Donde y_i es el coste total de producción (o el logaritmo); x_i es un vector $k \times 1$ de precios de inputs y producción; β es un vector de parámetros desconocidos; donde $u_i \geq 0$ y v_i no se encuentra restringido. Los v_i captan los efectos del ruido estadístico y se suponen *i.i.d.* $\sim N(0, \sigma_v^2)$. El componente de error u_i representa la ineficiencia de costos y se supone distribuido independientemente de v_i y los regresores.

El término U_i evalúa la distancia de la posición de una empresa con respecto a la frontera de costes. Suponiendo la eficiencia de asignación (Farrell, 1957)¹⁶, se considera que U_i queda vinculada directamente a la ineficiencia técnica.

2.3.2.1.1.2. Frontera Estocástica de Producción

La función estocástica de producción fue propuesta simultáneamente pero de manera independiente por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y

¹⁶ Farrell (1957) divide el término eficiencia productiva en dos componentes: eficiencia asignativa y eficiencia técnica. La eficiencia técnica indica que una empresa es técnicamente eficiente cuando consigue un máximo de output, con unos inputs dados. En cambio, la eficiencia asignativa determina la combinación de inputs que escoge la firma que utiliza de forma que el precio de cada input sea igual a su productividad marginal.

Meeusen y van den Broeck (1977). La utilización de la función de producción para la estimación de la frontera estocástica viene motivada por la idea de que las desviaciones con respecto a la frontera pueden no estar enteramente bajo el control de la empresa analizada.

La especificación original de la función de producción se desarrolló para datos de corte transversal con un término de error con dos componentes que se definen como la medición del efecto aleatorio (v_i) y la ineficiencia técnica (u_i).

$$Y_i = \beta x_i + (V_i - U_i) \quad [2.26]$$

Donde y_i es el producto o variable dependiente de la empresa i ; β es el vector de los parámetros a estimar; x_i es el vector $k \times 1$ de la cantidad de input de la firma i ; V_i es la variable aleatoria $i.i.d \sim N(0, \sigma_V^2)$, U_i son las variables aleatorias no negativas que se suponen que registran la ineficiencia técnica y son $i.i.d \sim |N(0, \sigma_U^2)|^{17}$.

La estimación del modelo con datos de corte transversal se realiza mediante dos metodologías:

- *Efectos Fijos*: el cual considera la ineficiencia técnica como un efecto individual empresarial que puede considerarse correlacionado con los inputs. El modelo no especifica ningún supuesto distribucional sobre la eficiencia siendo el único supuesto implícito que la eficiencia es siempre mayor o igual a 0 (Kumbhakar y Lovell, 2000).
- *Efectos Aleatorios*: se asume que u_j es una variable aleatoria que no se encuentra correlacionada con las variables explicativas, con una media y una varianza constante.

La especificación del modelo de corte transversal ha sido ampliado y modificado considerando:

- Las especificaciones de funciones de distribución más generales respecto de u_i .

¹⁷ Para una revisión de la literatura, Førsund, Lovell y Schmidt (1980), Bauer (1990) y Greene (1993).

- La extensión de esta metodología para funciones de costes y la estimación mediante sistemas de ecuaciones, entre otras.
- El análisis de datos de panel.

2.3.2.1.2. Datos de panel

Trabajar con modelos de datos de panel implica la combinación de datos de serie temporal con datos de sección cruzada. La utilización de los datos de panel permite, a diferencia de los datos de sección cruzada, mayor flexibilidad y la consideración de los cambios producidos por las empresas con el paso del tiempo (Greene, 1998, p.532). Además, el estudio de las unidades productivas mediante los datos de panel permite un correcto tratamiento de la heterogeneidad (Hsiao, 1986, p.5).

La estimación del modelo con datos de panel permite corregir los errores que pueden aparecer en los modelos estocásticos de sección cruzada (Schimdt y Sickles, 1984). Es decir, la inconsistencia en las estimaciones de la eficiencia y la no independencia de los regresores. Esta circunstancia lleva a que las estimaciones de la frontera estocástica también se vean mejoradas.

Ahora bien, la utilización de datos de panel tiene ciertos inconvenientes (Schimdt y Sickles, 1984):

1. La ineficiencia técnica de una empresa en particular puede ser estimada pero no de forma consistente.
2. La estimación del modelo requiere una especificación arbitraria de las distribuciones de los parámetros de ruido y de ineficiencia.
3. El supuesto de que la ineficiencia es independiente de los regresores puede no ser correcto en algunas situaciones.

Por tanto, la frontera estocástica puede utilizarse en los modelos de datos de panel siempre y cuando se realicen las adaptaciones necesarias (Battese y Coelli, 1988).

Existen seis modelos que permiten realizar la estimación de la ET cuando se trabaja con una muestra de datos de panel:

- *Modelo de Schmidt y Sickles (1984)*. Es el primero en la utilización de los datos de panel para la estimación de la eficiencia técnica. La utilización de este modelo al trabajar con datos de panel permite solucionar aquellos problemas asociados a la estimación con datos de corte transversal, concretamente, permite una mayor precisión en la estimación de la ET, así como una mayor independencia entre x_{it} y u_{it} .
- *Modelo de Battese y Coelli (1988)*. Este modelo proporciona estimadores consistentes. La principal ventaja de este método es que proporciona el estimador insesgado de mínima varianza. (Gómez-Aparicio *et al.* 2013).
- *Modelo de Cornwell, Schmidt y Sickles (1990)*. Este modelo posibilita que la (in)eficiencia varíe en el tiempo, por tanto reduce el supuesto de eficiencia invariante en el tiempo sin perder las ventajas derivadas de un panel de datos (Cornwell *et al.* 1990). Cornwell *et al.* (1990) asumen que los efectos fijos son una función cuadrática del tiempo.
- *Modelo de Battese y Coelli (1992)*. En este modelo se trabaja con datos de panel (no equilibrado) y con variables normales truncadas. Una ventaja del modelo de Battese y Coelli (1992) es que el panel no tiene por qué estar completo.
- *Modelo de Lee y Schmidt (1993)*. En este modelo no se considera ninguna restricción en la evolución temporal de la (in)eficiencia.
- *Modelo de Battese y Coelli (1995)*. Proponen un modelo donde se permite que los índices de eficiencia técnica estimados varíen en el tiempo. En este caso, se propone con el objeto de tratar de explicar los distintos niveles de eficiencia que se obtiene en las empresas de un sector. En este sentido, una práctica habitual en este campo es el llamado análisis en dos etapas. En la primera se utiliza cualquiera de los modelos expuestos hasta ahora para la obtención de la eficiencia técnica. Posteriormente, en una segunda etapa, se realiza una

nueva regresión entre dichos índices y un conjunto de nuevas variables explicativas (Coelli *et al.* 2005).

Existen tres métodos principales para la estimación de la ET cuando se trabaja con datos de panel:

1. *Modelos que utilizan las técnicas tradicionales de los modelos de datos de panel*

El modelo tradicional presentado por Cornwell, Schimdt y Sickles (1990) puede formularse como,

$$y_{it} = \beta_t + \beta x'_{jt} + v_{jt} - u_j = \beta_t + \beta x'_{jt} + v_{jt} \quad [2.27]$$

donde β_t es el término independiente que es común, en cada período, a todas las empresas. La estimación de los parámetros se realiza mediante *Efectos Fijos* o *Efectos Aleatorios*.

2. *Modelos que utilizan el estimador de máxima verosimilitud*

En este caso se supone que el ruido es una variable aleatoria sigue una distribución normal de media cero y varianza constante, donde el término de ineficiencia se define como,

$$u_{it} = \beta(t) \cdot u_j \quad [2.28]$$

donde u_{it} es una variable. Donde el modelo se estima mediante la *Máxima Verosimilitud*. Un modelo alternativo viene formulado por Battese y Coelli (1992)¹⁸.

3. *Modelos que utilizan el método de los momentos*

En este caso se estima la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \beta - \beta(t) \cdot \sqrt{\left(\frac{2}{\Pi}\right)} \sigma_u + \beta x'_{it} + v_{jt} - [u_{jt} - E(u_{jt})] = \beta_t + \beta x'_{jt} + v_{jt} = \beta(t) + \beta x'_{jt} + v_{jt} - u_{jt}^* \quad [2.29]$$

donde, $u_{jt} = u_j \cdot \beta(t)$ y $E(u_{jt}) = \beta(t) \cdot V(2/\Pi) \sigma_u$.

¹⁸ Ver Battese y Coelli (1992) descrito anteriormente.

Puede concluirse que la principal ventaja del modelo paramétrico viene determinada por la capacidad de realizar inferencias estadísticas sobre los resultados obtenidos, pero en cambio, su mayor inconveniente es que se impone una forma funcional concreta.

2.3.2.2. Método no paramétrico

Farrell (1957) plantea un *método no-paramétrico*¹⁹, con tres supuestos básicos para el factor tecnológico (Kumbhakar y Lovell, 2000):

1. El primero consiste en la existencia de rendimientos constantes a escala. Este primer supuesto permite que la tecnología de producción pueda ser representada mediante la isocuanta unitaria, que identifica las diferentes combinaciones de los dos factores o inputs que una empresa técnicamente eficiente podría usar para producir una unidad de output.
2. El segundo hace referencia a la presencia de una isocuanta convexa hacia el origen y con una pendiente no positiva.
3. La función de producción eficiente es conocida.

No obstante, este método presenta un inconveniente: la incapacidad para incluir perturbaciones aleatorias, lo que provoca que los resultados obtenidos sean sensibles a los errores de medidas y de especificación del modelo.

A continuación se exponen los dos modelos no paramétricos más utilizados en la literatura:

- b.1. Una extensión del modelo de Farrell fue introducida por Charnes, Cooper y Rhodes (1978, 1981), los cuales desarrollaron el modelo de Análisis Envolvente de Datos o *Data Envelopment Analysis* (DEA)²⁰.

¹⁹ Para profundizar en la metodología no paramétrica ver la revisión bibliográfica realizada por Seiford (1990) y Førsund y Sarafoglu (1999).

²⁰ Ver Ray (2004) para ver los fundamentos teóricos de la metodología DEA.

El DEA se fundamenta en técnicas de programación matemática que permite la construcción de una superficie envolvente o frontera eficiente (Färe, Grosskopf y Margaritas, 2008). Esta metodología es el resultado de la extensión del trabajo de Farrell (1957). A diferencia de los métodos paramétricos, el DEA no requiere de ninguna hipótesis previa sobre la forma funcional de la función de producción.

Éste método es apropiado cuando se produce más de un output y los datos sobre los precios no son fiables o bien no conocidos. El método DEA resuelve para cada empresa un problema de optimización. En éste caso la frontera se representa mediante las combinaciones convexas de aquellas unidades productivas eficientes. Aquellas que son ineficientes quedan “envueltas” por la frontera.

Al igual que la frontera de posibilidades de producción el DEA cumple con los siguientes axiomas:

1. El conjunto de producción es convexo y acotado.
2. Ninguna unidad productiva podrá producir si no dispone de inputs.
3. Debe presuponerse un tipo de rendimientos de escala en el sector.

Uno de los principales inconvenientes a la hora de utilizar el método DEA es la sensibilidad a los valores atípicos de la muestra. Así mismo, no tiene en cuenta los factores no controlables, consecuencia de ser una aproximación no paramétrica y de no tener, por lo tanto, un término de error que los recoja.

El ratio entre outputs e inputs de cada unidad productiva evaluada bajo el supuesto utilizado en el método DEA fue propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Ha sido mejorado posteriormente por una gran variedad de nuevos modelos.

El método DEA fue utilizado en un principio para medir la eficiencia de las empresas que participaban en programas públicos. Su utilidad y uso constante como metodología para la estimación de la eficiencia, ha hecho que se utilice habitualmente para evaluar la eficiencia técnica de empresas privadas (Thore, Kosmetsky y Phillips, 1994; Ahuja y Majumdar, 1998).

Existen diferentes métodos para la estimación del modelo DEA. Éstos se fundamentan principalmente en los índices radiales. Si bien para el cálculo de la eficiencia mediante este modelo se requiere conocer bajo qué características se encuentra el sector económico, es decir, si consideramos que existen: rendimientos de escala constantes, rendimientos de escala variables, orientación de inputs y/u orientación de outputs.

Los dos métodos más conocidos dentro de la literatura DEA son:

1. El propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) (CCR, en adelante), que contempla la existencia de *rendimientos constantes a escala* (CRS).

Se consideran CRS cuando cualquier DMU puede alcanzar la eficiencia técnica. Por tanto, la eficiencia se calcula de manera global, ya que todas las DMUs tienen como unidades de referencia a las de mayor productividad de entre todas las posibles (el conjunto del sector o industria):

$$T_{CRS} = \left\{ (\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x} ; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y} \right\} \quad [2.30]$$

Donde λ es un vector con N DMUs. X e Y son, respectivamente, las matrices de inputs y outputs observadas en las unidades productivas. En este caso la restricción viene determinada por,

$$\lambda_j \geq 0 \quad [2.31]$$

Que especifica los rendimientos constantes de escala.

La estimación de la ET puede orientarse en el sentido de los inputs (CCR-input) o bien desde la perspectiva de los outputs (CCR-output).

En la Figura 2.3. se muestra cómo se distribuirían las DMUs con un solo input y output para una situación de CRS.

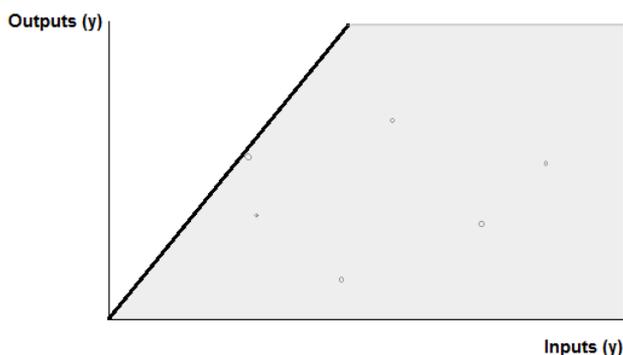


Figura 2.3. Representación gráfica de la tecnología CRS para un input y un output.

Fuente: Elaboración propia

Puede verse como todas aquellas DMU que quedan fuera de FPP son técnicamente ineficientes. Estas DMUs podrían reducir las cantidades de input x y seguir produciendo la misma cantidad de output.

2. El segundo modelo es el propuesto por Banker, Charnes y Cooper (1984) (BCC, en adelante), que es más flexible que el CCR, ya que considera la existencia de *rendimientos variables a escala* (VRS) en la frontera.

El modelo BBC con VRS considera que:

- Algunas DMUs de diferente tamaño al de la empresa de referencia pueden no ser capaces de conseguir la eficiencia deseada.

- Opta por la flexibilización de los rendimientos siendo estas variables a escala, así modifican el programa lineal de manera que puede incorporarse la restricción de convexidad ($NI' \lambda = I$).

El conjunto para VRS queda determinado por:

$$T_{VRS} = \left\{ (\bar{x}, \bar{y}) : \exists \bar{\lambda} \geq 0, \bar{\lambda} X \leq \bar{x} ; \bar{\lambda} Y \geq \bar{y} ; \bar{\lambda}_e = 1 \right\} \quad [2.32]$$

La principal diferencia con respecto a T_{CRS} es que la λ debe sumar la unidad. La representación gráfica queda como sigue:

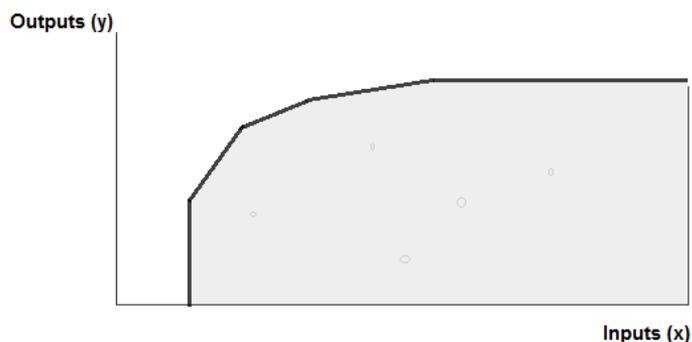


Figura 2.4. Representación gráfica de la tecnología VRS para un input y un output.

Fuente: Elaboración propia

La zona sombreada representa T_{VRS} , y los puntos interiores son aquellas DMUs que no son capaces de llegar a la eficiencia técnica de la empresa referencia.

Por último, tenemos la *orientación hacia el input* la cual hace referencia al hecho de que una DMU alcanza la eficiencia de la empresa de referencia a costa de reducir la cantidad de recursos consumidos.

Así como, la *orientación hacia los outputs*, donde las DMUs consiguen la eficiencia técnica comparando con la empresa referencia mediante el aumento de la cantidad de outputs.

En ambos casos se estima la frontera de manera determinística, lo que lleva a que la situación de la unidad productiva puede desviarse de la frontera por motivos de ineficiencia técnica.

- b.2. El segundo modelo hace referencia a la técnica de Envoltura de Libre Disposición o *Free Disposal Hull* (FDH, en adelante), la principal diferencia entre el FDH y el DEA es que el primero no necesita de la convexidad en el conjunto de posibilidades de la producción. A pesar que ambos métodos son no paramétricos, el DEA es el más utilizado, lo que no significa que el FDH no sea apropiado para la estimación de la eficiencia técnica. Este último método también permite una mejora en el ajuste a los datos y unos supuestos menos arbitrarios, Tulkens (1993).

El modelo FDH toma la siguiente forma:

$$T_{FDH} = \{(\bar{x}, \bar{y}) : \exists \bar{\lambda} \geq 0, \bar{\lambda} X \leq \bar{x}; \bar{\lambda} Y \geq \bar{y}; e^T \bar{\lambda} = 1; \lambda_j \in \{0, 1\}\} \quad [2.33]$$

Así, sólo uno de los componentes del vector $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ tendrá el valor 1 y las restantes 0. Por tanto, las unidades se proyectan directamente sobre una DMUs existente.

2.4. Internacionalización

2.4.1. Marco conceptual

La teoría ricardiana de la ventaja comparativa ha sido, durante buena parte del desarrollo de la teoría económica, la principal explicación del comercio internacional. La aparición y el espectacular crecimiento del comercio intra-industrial suponía una anomalía inexplicable en ese contexto teórico. Es decir, la evidencia empírica sobre las pautas del comercio internacional no era coherente con el planteamiento teórico imperante. La “*New*” *new trade theory* ha permitido avanzar en la comprensión de esas pautas de comercio, reconsiderando buena parte de los supuestos básicos de la teoría ricardiana:

- La *competencia imperfecta*. La incorporación de diferentes modelos tales como la competencia monopolística o diversas

variantes de los modelos de oligopolio²¹ (Melitz, 2003) ha permitido explicar la importancia del comercio intraindustrial.

- *Rendimientos constantes.* Esta situación no se corresponde con la realidad económica, ya que en la mayoría de sectores trabajan en una situación de rendimientos crecientes a escala²² (Goerlich y Orts, 1996).
- *Existencia de externalidades.* Estas han ido ganando importancia en el comercio internacional. Por ejemplo, aquellas industrias con una importante inversión en I + D + i revierten en notables beneficios en la economía nacional (Astrebo, 2004).
- *Costes hundidos.* El paradigma ligado al concepto de coste hundido se ha transformado con los cambios generados por la internacionalización de la empresa.

Por ello, nos ha parecido pertinente centrarnos en dos ramas de la economía de manera combinada: la primera de ellas es la conocida como la “*New*” *new trade theory*, y la segunda la del ámbito de la Economía industrial.

La aparición de trabajos como los de Bernard, Eaton, Jensen y Kortum (2003) y Helpman, Melitz y Yeaple (2004), han profundizado en el análisis de las características de la internacionalización de las empresas y sus comportamientos productivos. Esto ha permitido generar una abundante bibliografía tanto teórica como empírica sobre esta temática (López, 2004; Foster, Haltiwanger y Syverson, 2005; Wagner, 2007). Esta nueva literatura interdisciplinar gira en torno a la

²¹ La aparición de una estructura oligopolística se debe a las importantes barreras de entrada en determinadas industrias debido a la magnitud de las inversiones necesarias para introducirse en estos mercados y a las economías de escala que implican. Estas actúan como barreras a la entrada, independientemente de los comportamientos “estratégicos” de las empresas instaladas.

²² Sectores que requieren una gran inversión en maquinaria y tecnología.

existencia de heterogeneidad en las unidades productivas (ya sean empresas o establecimientos²³).

Esta heterogeneidad empresarial es el resultado de diferencias productivas. La bibliografía actual analiza la causalidad de la influencia de la productividad hacia el tamaño empresarial y la internacionalización.

2.4.1.1. Tamaño empresarial y productividad

En la última década se ha planteado ampliamente la existencia de una relación directa entre productividad y dimensión empresarial. Yeaple (2005) pone en duda la hipótesis de que una mayor productividad viene determinada por un mayor tamaño empresarial (medido en número total de trabajadores). No obstante, la inversión en capital humano puede afectar de manera positiva al incremento de la productividad empresarial, sin implicar necesariamente un gran tamaño.

Existe una amplia bibliografía donde se demuestra que las empresas varían enormemente en términos de tamaño (Cabral y Mata, 2003; Bernard y Jensen, 1997, 1999). Una de las hipótesis más comunes es que la productividad empresarial está directamente relacionada con el tamaño de la compañía (Restuccia y Rogerson, 2012). Imrohorglu y Tüzel (2013) realizan la estimación a nivel de empresa de la variable PTF obteniendo una fuerte correlación con respecto al tamaño empresarial.

McDermott y Mejsrtik (1993) afirman que las empresas jóvenes y de menor tamaño son más dinámicas y, por tanto, más productivas que aquellas que ya se encuentran establecidas en el mercado y de mayor tamaño. Por el contrario, Clementi y Palazzo (2013) afirman que las nuevas empresas que entran en el mercado son más pequeñas en

²³ La principal diferencia existente entre empresa y establecimiento comercial es que la *empresa* es considerada como la organización del trabajo ajeno y del capital, para producir bienes o servicios destinados a ser vendidos en el mercado. Mientras que el establecimiento tiene dos acepciones. Por un lado, se define como el proceso mediante el cual se establece y se consolida una actividad económica. Por otro, hace referencia al marco físico o bien mueble el cual se encuentra destinado al desarrollo de una actividad comercial o industrial. (Messineo, 1979).

cuanto al volumen de trabajadores y tienen un índice de productividad menor. Geroski (1998) muestra la existencia de una relación indirecta entre tamaño y productividad.

Por tanto, las grandes empresas son más productivas que las medianas y pequeñas empresas. Esta circunstancia es debida a que tienen mayor capacidad de acceder a financiación externa y mayor diversificación de productos para enfrentar la incertidumbre de la innovación (Cohen, 2010). No obstante, las pequeñas empresas pueden ser más innovadoras y productivas en contextos de alta dinámica tecnológica, debido a su mayor capacidad de adaptación en el entorno (Cohen y Klepper, 1996).

Otro factor que debe tenerse en cuenta con respecto a la productividad y su relación con el tamaño empresarial hace referencia a la internacionalización. Este nexo puede observarse en el trabajo de Girma *et al.* (2004) donde afirma que las empresas multinacionales son aquellas con una productividad suficientemente elevada como para vender en el mercado internacional. Dichas empresas multinacionales difieren de las empresas nacionales porque las primeras son relativamente más grandes, tienen un poder de mercado mayor así como un poder competitivo que supera con creces a las empresas nacionales o domésticas.

Roberts y Tybout (1997) muestran una relación positiva entre tamaño empresarial y mayor probabilidad de exportar. Máñez, Rochina-Barrachina y Sanchis (2008) concluyen que las empresas españolas con mayor tamaño y productividad tienen una mayor probabilidad de exportar.

Head y Ries (2003) encuentran una relación positiva entre el tamaño de las empresas y su internacionalización. La empresa doméstica tiene un menor tamaño que las compañías exportadoras y las empresas multinacionales. En cambio, en cuanto a la relación de productividad con internacionalización afirman que la correlación existente es más débil. Aitken, Hanson y Harrison (1997) presentan unas conclusiones similares respecto a la relación positiva entre el tamaño de la empresa y la decisión de exportar.

2.4.1.2. Comercio internacional y productividad

Respecto al comercio internacional y la productividad es mucho lo que se ha publicado. La apertura de los mercados internacionales que se ha producido en los últimos años ha permitido innovar y replantear la teoría comercial (“*New*” *new trade theory*).

La nueva teoría del comercio internacional introduce cambios sustanciales en los supuestos tradicionales. La competencia deja de ser perfecta para pasar a ser imperfecta, los rendimientos en la producción son crecientes a escala, y se incorpora el concepto de empresa heterogénea (Bernard y Jensen, 2007).

La introducción del concepto de empresas heterogéneas permite obtener resultados interesantes acerca de los efectos de la liberalización comercial en el desarrollo industrial (Tybout, 2002; Delgado *et al.* 2002; HMY, 2003; Bernard, Jensen y Schott, 2003; Girma *et al.* 2003; Yeaple, 2005). Así, puede afirmarse que la apertura internacional induce a la reasignación de factores productivos desde las empresas menos productivas hacia las empresas más productivas (Ottaviano, 2005). Lo que lleva a una nueva redistribución, debido a que provoca la salida de las primeras y la selección, entre las segundas, de las empresas que quedarán confinadas al mercado doméstico y las que competirán internacionalmente. En este contexto, se ha visto incrementada la estrategia empresarial orientada hacia la internacionalización teniendo en cuenta la mejora de la productividad (Krugman, 1987; Grossman y Helpman, 1991b).

Por tanto, el concepto de heterogeneidad se convierte en una de las principales características de la “*New*” *new trade theory* (Clerides *et al.* 1998; Aw *et al.* 2000; Bernard y Jensen, 1999, 2001, 2004a; Isgut, 2001; Kraay, 2002; Bernard *et al.* 2003; Girma *et al.* 2004; Baldwin y Robert-Nicoud, 2005).

Otra de las divergencias que hemos comentado de la nueva teoría del comercio con respecto a la clásica es la incorporación de la diferenciación de producto que constituye uno de los principales rasgos que han caracterizado la evolución del comercio intraindustrial. El modelo de Melitz (2003), ha gozado de gran aceptación dentro de

la nueva teoría del comercio, ya que combina la competencia monopolística, adaptando el modelo de Hopenhayn (1992)²⁴, con la incorporación de las empresas heterogéneas.

El análisis realizado por Melitz (2003) se basa en el modelo de competencia monopolística Dixit-Stiglitz (1977). El modelo usa una tecnología lineal, según la cual los consumidores desean adquirir una gran cantidad de bienes diferenciados, y donde todos los bienes son igualmente sustitutivos entre ellos. Se incorpora la idea de que los costes se encuentran directamente asociados al comercio y al transporte. A su vez, considera que las empresas incurren en unos costes fijos de exportación por cada uno de los nuevos mercados internacionales donde se vende, por ejemplo, aquellos derivados de los contactos establecidos entre institución y comprador potencial, de la inversión en conocimiento de los mercados externos y la definición de canales de distribución en dichos mercados. Estos costes fijos resultan muy elevados para entrar en un mercado nuevo y varían significativamente entre los diferentes productores (Das *et al.* 2001).

El modelo de Dixit-Stiglitz supone no sólo la existencia de productos diferenciados, como se ha observado hasta ahora desde el punto de vista del consumidor, sino también que cada individuo tiene un función de utilidad diferente.

Una idea importante que se extrae del modelo de Melitz (2003), es la introducción de la perspectiva de futuro de las empresas nacionales en cuanto a la decisión de entrada a los mercados extranjeros teniendo en cuenta los costes hundidos. Por tanto, si se asume la existencia tanto de costes fijos como variables, sólo y únicamente las empresas más productivas venden en los mercados internacionales a través de la exportación, mientras que las empresas con una menor productividad comercializan en el mercado nacional, y por último, aquellas compañías menos productivas se ven obligadas a salir de cualquier mercado.

Por lo tanto, la combinación de costes hundidos y heterogeneidad de las empresas explica por qué no todas las empresas exportan.

²⁴ Hopenhayn (1992) considera el caso de competencia perfecta.

Siguiendo este hilo argumental si se da la existencia de un *shock* negativo (por ejemplo, reducciones en el tipo de cambio real o la imposición de nuevas barreras proteccionistas) una empresa que ya exporta puede escoger mantener su actividad internacional, a pesar de que sus beneficios puedan ser negativo, para no tener que incurrir, nuevamente, en el futuro en alguno de estos costes de entrada. En caso contrario, no implica que las empresas no exportadoras inicien su actividad internacional, ya que el incremento proporcional no es suficientemente elevado como para compensar los costes de entrada.

Bernard *et al.* (2003) adaptan el modelo de comercio Ricardiano (Dornbush, Fischer y Samuelson, 1977) a empresas donde se incluye también la heterogeneidad. Sin embargo, la hipótesis básica del modelo es que las empresas producen el mismo tipo de producto. A su vez, Bernard *et al.* (2003) explican la coexistencia tanto de empresas domésticas como internacionales en un mercado nacional, en el cual compiten de igual manera. A diferencia del modelo de Melitz (2003), no incluyen los costes fijos de la exportación, sino que solo se consideran los costes variables relacionados con los costes de transporte.

Las diferencias en la tecnología entre países y empresas permiten explicar la existencia de heterogeneidad. Así pues, los cambios en la productividad reflejan tanto los cambios tecnológicos, como las economías de escala y los cambios en la organización de la producción. Por último, para poder explicar esta simbiosis entre empresas nacionales y exportadoras en una misma industria, se asume la existencia de los costes de exportación tipo “iceberg”, es decir, se considera que la mercancía pierde un porcentaje de su composición en el traslado entre la localización de producción y el destino de consumo (Samuelson, 1954)²⁵. La utilización de este tipo de coste simplifica la modelización ya que evita considerar al transporte como una industria (Fujita y Krugman, 2004).

Yeaple (2004) trabaja bajo un prisma donde las empresas invierten en dos tipos de tecnología, que difieren en cuanto a los costes unitarios de producción. Esto lleva a afirmar que existen claras diferencias entre

²⁵ Hummels (2000) resalta la importancia del tiempo como una barrera comercial.

empresas que exportan y las no exportadoras. El autor muestra que una reducción en los costes comerciales induce a algunas empresas a cambiar de una tecnología de alto coste a una de bajo coste. Así, aquellas empresas que venden en un mercado local producen sus bienes con una tecnología inferior y, por lo tanto, son menos productivas que las empresas que exportan y que usan una tecnología superior.

El grupo de factores explicativos de la estructura de mercado lo forman las variables que miden el grado de apertura de las empresas nacionales a la competencia internacional. Esta expansión se mide en términos de productividad. Melitz (2003)²⁶ muestra una interesante evolución de los efectos de la apertura del mercado nacional al comercio internacional, incorporando la productividad como variable explicativa. Por tanto, la productividad empresarial es relevante para explicar la diferencia del posicionamiento de las empresas entre comercio nacional e internacional, concluyendo que las empresas con una elevada productividad se internacionalizan, ya sea mediante exportación o bien la IED. En cambio, aquellas empresas con una productividad baja venderán en el mercado nacional (HMY, 2004)²⁷.

Por tanto, la entrada de una empresa en un nuevo mercado viene acompañada de un proceso de selección que hace que salgan del mercado las empresas menos eficientes (Jovanovic, 1982). Se trata de un proceso de selección natural, en el que se presupone que son las buenas prácticas y experiencias relativas de las empresas en el momento de la entrada en un mercado cualquiera lo que determina si la empresa se mantendrá en el mercado o bien saldrá. En el modelo propuesto por Jovanovic (1982) las empresas ganan experiencia una vez entran en un mercado, este aprendizaje conlleva una mejora en los niveles de costes y eficiencia de las empresas. Este proceso “darwinista” no sólo se basa en el mercado, sino también en la

²⁶ Una de las mayores aportaciones de Melitz (2003) es considerar la variable productividad como endógena, y no dada exógenamente como se había planteado hasta el momento.

²⁷ HMY (2004) realizan una extensión del modelo de Melitz (2003), ordenando las empresas de acuerdo con su participación en el comercio internacional, teniendo en cuenta su productividad.

actividad de la compañía, teniéndose en cuenta la evolución de la productividad en el proceso de selección.

Los resultados demuestran que la productividad inicial de las empresas que continúan vendiendo en el mercado es superior a la de las empresas que abandonan. A su vez, si las empresas mejoran su productividad pueden expandirse a otros mercados del exterior.

Bajo este enfoque, la principal conclusión que se extrae del modelo de Melitz es que en el paso de una economía cerrada hacia una economía abierta se da un proceso de eliminación de aquellas compañías poco productivas, y únicamente logran permanecer en el mercado internacional las empresas más productivas, consideradas como las más eficientes (Melitz y Ottaviano, 2003; Ottaviano, 2005)²⁸.

Melitz (2003) muestra como la apertura comercial genera una mejora en la eficiencia de la industria, y por ende, un aumento del bienestar para todos los países. Así pues, la existencia de heterogeneidad a nivel microeconómico y el proceso de selección pueden influir en los resultados macroeconómicos.

En el caso de que las barreras comerciales disminuyan o bien de que los costes de transporte sean más bajos, las empresas con mayor productividad tendrán un factor más a su favor en el proceso de internacionalización. En cambio, las empresas menos productivas del país receptor recibirán una mayor presión tanto internacional como nacional. Estudios teóricos como los de Jovanovic (1982), Hopenhayn (1992) y Ericson y Pakes (1995)²⁹ concluyen que el crecimiento y la salida de las empresas del mercado están motivados por la existencia de diferencias en la productividad.

Por tanto, la entrada y salida de empresas en un sector concreto desempeñan un papel importante en la explicación del crecimiento de la productividad agregada (Davis y Haltiwanger, 1991; Baily *et al.* 1992; Foster *et al.* 2005).

²⁸ En el trabajo de Melitz (2003) también se puede observar una extensión del comercio intra-empresa, Krugman (1980).

²⁹ El modelo de Ericson y Pakes (1995) propone que las empresas invierten en I + D para mejorar la productividad empresarial.

Así mismo, la apertura comercial mejorará la productividad empresarial tanto en países en vías de desarrollo como en países plenamente desarrollados, debido a las fuerzas generadas por los procesos de exportación, importación e inversión (Tybout, de Melo y Corbo, 1991; Harrison, 1994; Krishna y Mitra, 1998; Fernandes, 2002; Pavcnik, 2002; Jean, 2002).

Wagner (2007) realiza una revisión de los trabajos referentes a la “*New*” *new trade theory*. Analiza una muestra de cincuenta y cuatro estudios empíricos que cubren un total de treinta y cuatro países desde el año 1995 hasta el 2004. Esta muestra contiene:

- Países industrializados (Reino Unido, Canadá, Alemania, etc.).
- Países de América Latina (Chile, Colombia y Méjico).
- Países Asiáticos (por ejemplo, China, Corea, Indonesia, etc.).
- Países en transición (por ejemplo, Estonia y Eslovenia).
- Países menos desarrollados de África Sub-Sahariana.

En este trabajo queda resumida la relación existente entre la productividad y la posición internacional de las empresas de los países nombrados anteriormente teniendo en cuenta la exportación (no se tiene en cuenta la variable IED como opción internacionalizadora en ninguno de los trabajos resumidos). Se concluye que en la mayoría de los países objeto de estudio las empresas con mayor productividad se internacionalizan, aunque se encuentran ciertas excepciones en las que la relación no es tan fuerte como se esperaba.

De las conclusiones que se han podido obtener de los trabajos analizados hasta ahora, se destaca que la relación existente entre internacionalización y productividad es la siguiente:

1. Las empresas con mayor productividad tienden a internacionalizarse, ya sea mediante exportación y/o IED –que no son situaciones excluyentes.
2. En cambio, aquellas compañías con una productividad menor venden en el mercado nacional.

Aun así, existe una controversia respecto a la direccionalidad de la hipótesis planteada:

1. Si la causalidad lleva desde la productividad hasta la internacionalización (exportación y/o IED). Es decir, si el aumento de la productividad conduce a la internacionalización
2. Si una empresa una vez se internacionaliza mejora su productividad.
3. Si se dan ambas posibilidades de manera combinada.

Esta situación da origen a la existencia de tres hipótesis alternativas (pero no excluyentes)³⁰.

- a. La primera es la llamada *autoselección* o “*self-selection*”. En esta se afirma que solo aquellas empresas con una productividad suficientemente elevada son capaces de vender y mantenerse competitivamente en los mercados internacionales, mientras que las empresas con menor productividad venden solo en el mercado nacional. La razón sería la existencia de costes adicionales para la entrada en países extranjeros. Estos costes pueden ser de transporte, de distribución o de comercialización. Éstos forman una barrera de entrada que las empresas menos productivas no pueden superar (Bernard y Wagner, 1998).

La *self-selection* viene respaldada por un volumen importante de literatura teórico-empírica (Clerides *et al.* 1998; Pavcnik, 2002; Bigsten *et al.* 2004; Arnold y Hussinger, 2005a, b). Las características que mejor definen estas empresas, en promedio, son:

- Su mayor tamaño respecto a las empresas no-internacionalizadas.
- El pago de unos salarios más elevados.
- Tienen mayor productividad

³⁰ Para un resumen sobre esta discusión ver Narula y Zanfei (2004).

Los resultados empíricos proveen una fuerte evidencia a favor de la “*self-selection*”³¹. Bernard y Jensen (1999, 2004) presentan una comparación entre compañías exportadoras y no exportadoras para el caso E.U.A, donde aquellas empresas con una mayor productividad venden al mercado internacional.

Así mismo, Aw y Hwang (1995) respaldan para empresas del sector eléctrico de Taiwán la hipótesis de “*self-selection*”. Isgut (2001) concluye a favor de que la productividad *ex ante* lleva a la internacionalización y no viceversa, para el sector manufacturero colombiano. También en los trabajos de Hallward-Driemeier, Iarossi y Sokoloff (2002), Arnold y Hussinger (2004), se acepta la hipótesis de “*self-selection*”.

Clerides *et al.* (1998) analizan la relación existente entre empresas nacionales no exportadoras y empresas exportadoras, utilizando un *panel data* de Marruecos, México y Colombia. Los autores concluyen que la diferencia entre estos dos tipos de empresas se debe más a la “*self-selection*” que al “*learning-by-exporting*”. A su vez, encuentran evidencia empírica de que los exportadores reducen los costes al entrar en los mercados extranjeros, pero no parece que exista una base empírica sólida para que esta circunstancia ayude a los productores a ser más eficientes. Así pues, solamente aquellas empresas con un beneficio suficientemente elevado cubrirán los costes hundidos y, por tanto podrán exportar, aunque no todas las empresas deciden realizar dicha actividad internacional.

Para el caso español, el trabajo de Delgado *et al.* (2002) muestra las diferencias de productividad entre empresas exportadoras y no exportadoras. Los autores documentan la existencia de diferencias de productividad con una muestra de *panel data* de las empresas industriales nacionales para el período 1991 al 1996. En ella comparan las funciones de densidad acumulada de la PTF para diferentes grupos de

³¹ Greenaway y Kneller (2005) y Wagner (2005) realiza una revisión de la literatura, donde la mayor parte de ella constata la hipótesis de la autoselección o “*self-selection*”.

empresas: exportadoras, no exportadoras, empresas que inician su actividad exportadora, y empresas que abandonan dicha actividad durante los años objeto de estudio. Esta distribución se analiza utilizando el concepto de dominancia estocástica, cuyas diferencias son formuladas a través del test paramétrico Kolmogorov-Smirnov para una y dos colas. Los autores confirman la hipótesis de la existencia de una mayor productividad entre las empresas exportadoras respecto a las empresas no exportadoras.

- b. La segunda hipótesis que se plantea es el *aprendizaje mediante la exportación* o “*learning-by-exporting*”. Jovanovich (1982) postula que las empresas no conocen realmente su potencial hasta que no entran en el mercado internacional. Por tanto, una vez que venden en el mercado internacional empiezan un proceso de aprendizaje técnico, de diseño de productos y conocimientos que hace que las empresas sean más eficientes y estimula, a su vez, la innovación, por lo que mejora su productividad³².

Así mismo, las empresas que venden en los mercados internacionales se exponen a una mayor competencia, esta circunstancia hace que para poder sobrevivir deban mejorar su productividad más rápidamente que las empresas nacionales. Debido a esta continua actualización de la formación, la empresa puede decidir expandir su actividad internacional o bien salir del mercado. Por lo tanto, el modelo explica por qué la mayoría de aquellas nuevas empresas que han entrado en un mercado internacional acaban por abandonar, y predice que las empresas más pequeñas y jóvenes tienen una mayor tasa de crecimiento (Capelleras Segura y Kantis, 2009).

Esta hipótesis ha recibido un fuerte apoyo teórico, y, en menor medida, empírico. Ya que los resultados obtenidos en algunos de los estudios realizados no muestran una relación consistente entre entrada en el mercado internacional y crecimiento de la productividad.

³² Es el llamado aprendizaje Bayesiano en la teoría de la probabilidad.

Kraay (1999) y Park, Yang, Shi y Jiang (2010) encuentran una fuerte evidencia empírica para la hipótesis de aprendizaje por exportación en la industria China.

Así mismo, puede constatarse para esta hipótesis los trabajos de Castellani y Zanfei (2003) y Criscuolo y Martin (2009). Blalock y Gertler (2004) muestran que la productividad empresarial se incrementa entre un 3 y un 6 por ciento una vez la empresa inicia el proceso exportador, confirmando así la hipótesis de “*learning-by-exporting*”, para el caso indonesio. En el trabajo de Van Biesebroeck (2003) se confirma la hipótesis “*learning-by-exporting*” para un total de seis países sub-saharianos.

Fafchamps, El Hamine y Zeufack (2008) proponen dos modelos alternativos relativos a las empresas industriales de Marruecos concluyendo que existe una evidencia positiva entre la posición exportadora de la empresa y su mejora productiva.

Castellani (2001) para el caso italiano, argumenta que son las empresas internacionales las que consiguen captar los conocimientos tecnológicos, lo que les permite explotar las economías de escala, mejorando su productividad una vez que actúan en el mercado exterior³³ (Coe y Helpman, 1995).

López (2004) argumenta que el cambio de la productividad ocurre después de la decisión de exportar. Mientras que Fernández (2003) divide la muestra en dos conjuntos de empresas: maduras y de nueva creación. Centra su estudio en las empresas manufactureras colombianas de nueva creación. Las empresas que venden en el mercado internacional tienen un incremento de la PTF de entre el 3-4 por ciento superior al

³³ Krugman (1979) y Jovanovic y Lach (1991) propusieron que la productividad de las empresas que inician su actividad en el mercado internacional mejora una vez dichas empresas actúan en el concierto internacional, como consecuencia del *feedback* existente entre estas empresas y los clientes, proveedores que encuentran en los nuevos mercados donde venden, y por la existencia de competidores internacionales. A su vez, también se conoce la existencia de los *spillovers* del conocimiento que permite mejorar la productividad de las empresas.

de aquellas compañías que nunca han exportado. Por tanto, afirma que la entrada de las empresas jóvenes en el mercado exterior tiene un impacto positivo en el incremento de la PTF.

Por tanto, se constata una fuerte evidencia de una mejora de la productividad de las empresas una vez inician la exportación (De Loecker, 2006). Así, Baldwin y Gu (2003) demuestran que las empresas del sector industrial canadienses con mayor productividad venden en el mercado internacional. No obstante, se da un proceso de aprendizaje posterior en estas compañías que permite incrementar su productividad.

- c. Una tercera hipótesis planteada en la literatura económica hace referencia a la posibilidad de la existencia conjunta de autoselección y aprendizaje por exportación (Baldwin y Gu, 2003; Girma *et al.* 2004; Greenaway y Yu, 2004).

Álvarez y López (2004) desarrollan un modelo empírico para estudiar el impacto de las tres hipótesis: “*learning-by-exporting*”, “*self-selection*” y ambas hipótesis conjuntamente. Demuestran que las compañías chilenas con presencia en el mercado internacional muestran una productividad superior en comparación con aquellas que no exportan; por tanto, apoyan la hipótesis sobre la “*self-selection*”. No obstante, también hallan que una vez las empresas venden en el mercado internacional empiezan un proceso de mejora productiva, apoyando así el aprendizaje mediante la exportación.

En el trabajo de Fariñas y Martín-Marcos (2007) se concluye que existe una relación positiva entre productividad e internacionalización de la empresa para el caso español en el período 1990-1997. En esta investigación se utiliza tanto la productividad laboral como la PTF. En cuanto a la productividad laboral, la diferencia entre empresa exportadora y no exportadora llega al 38.5 por ciento, mientras que la diferencia entre empresas para la PTF es del 11 por ciento. Los autores aplican estimadores desarrollados por Arellano y Bond (1991) y Blundell y Bond (1998, 2000). Por tanto, el artículo da apoyo a ambas hipótesis.

Hasta ahora se ha analizado una amplia bibliografía que considera la exportación como variable que explica la internacionalización. En la última década se han empezado a considerar alternativas no excluyentes que permiten observar de manera más detallada la relación entre internacionalización y productividad. Entre estas opciones encontramos la inversión extranjera directa, la importación, e incluso la relación entre exportación e importación (Vogel y Wagner, 2009; Smeets y Warzinski, 2010).

En los últimos años se ha generado una nueva línea de investigación referente a la relación de la IED con respecto a la productividad. En este caso, a las empresas domésticas y exportadoras se añaden las empresas inversoras en el exterior. Por tanto, junto a las hipótesis de “*self-selection*” y “*learning-by-exporting*” se incluye la posibilidad de la IED, pasando a ser una comparativa a tres (empresa doméstica, exportadora e inversora).

La literatura que hace referencia a esta nueva hipótesis concluye que las empresas que realizan IED tienen una mayor productividad que las empresas exportadoras y domésticas (Doms y Jensen, 1998; Pfaffermayer y Bellak, 2002; Girma *et al.* 2003; De Backer y Slevwaegen, 2003; Kimura y Kiyota, 2006).

Esta circunstancia ha generado un debate en el seno de la “*New*” *new trade theory*: La complementariedad y/o la sustitución entre exportación e IED³⁴.

- a. La hipótesis de *complementariedad* entre ambas variables es la que recibe un mayor apoyo en la investigación (Lipse y Weiss, 1981; Clausing, 2000; Kimura y Kiyota, 2006). Debe tenerse en cuenta que cuando se realiza una actividad exportadora se asumen una serie de costes hundidos que se encuentran asociados a esta actividad, tales como costes de investigación y redes de distribución, entre otros. A su vez, la exportación genera costes de transporte. En cambio, los costes de la IED vienen determinados por la duplicación de los

³⁴ El tema de complementariedad y sustitución entre exportación e IED se ha estudiado en muy diversos tipos de agregación, un resumen de esta evidencia se puede encontrar en Head y Ries (2004).

costes, debido a la adquisición de una planta productiva en otro país. Esta circunstancia hace que se eviten aquellos costes asociados al transporte³⁵. Así, las empresas que invierten en el mercado extranjero lo hacen tomando en consideración que esta inversión debe ser al menos tan beneficiosa como para asumir las tarifas impositivas del país y mantener un número determinado de filiales en diferentes mercados con los costes asociados que ello conlleva (Brainard, 1993).

Kiyota y Urata (2008) para el caso del sector manufacturero japonés confirman la existencia de una relación positiva entre IED y exportación. Por tanto, la acumulación de experiencia internacional por parte de las empresas exportadoras les permite expandirse mediante la inversión, dándoles la oportunidad de convertirse en empresas multinacionales.

Sin embargo, en este caso se concluye que esta complementariedad se da para la producción de bienes intermedios, y que en el caso de que sean bienes finales, en general, se producirá un proceso de sustitución (Head y Ries, 2003).

Pfaffermayer (1996) afirma que la IED y la exportación pueden tener unos determinantes comunes tales como un capital humano similar entre países, así como que sean países intensivos en I+D. El autor llega a la conclusión, para el caso austriaco, de la existencia de complementariedad significativa y estable entre exportación e IED.

Por su parte, Rob *et al.* (2003) introduce como determinante la posibilidad de que tanto la exportación como la inversión se realicen simultáneamente siempre y cuando exista una circunstancia adecuada. Esta podría ser la existencia de una demanda incierta en el mercado. De ser así, dicha combinación puede resultar una solución para el mercado interior.

³⁵ Esta situación de jerarquización de los costes recuerda al análisis de las estrategias de acceso al mercado propuestas anteriormente por Horst (1971) y Hirsch (1976).

- b. No obstante, no todos los trabajos empíricos realizados confirman esta complementariedad sino que prueban la existencia de una tendencia hacia la *sustitución* entre exportación e IED.

Los trabajos de Brainard y Riker (1997) y Blomström, Fors y Lispey (1997), realizan una investigación práctica para Estados Unidos, llegando a la conclusión de la existencia de una sustitución de la exportación por la inversión. Blonigen (2001) encuentra una relación de sustitución entre exportación e IED para todos los productos japoneses, pero en cambio para el sector de los automóviles sólo presenta evidencia de complementariedad.

No obstante, la inversión aparece como alternativa a la exportación en aquellos casos en que los costes comerciales son mayores que los costes fijos de establecer una nueva planta productiva en el país extranjero (Brainard, 1993a).

Recientemente se ha incrementado el volumen de bibliografía que hace referencia a la *complementariedad* y/o *sustitución* entre la IED horizontal y/o vertical. Yeaple (2003), HMY (2004) y Head y Ries (2004) han extendido el análisis de la internacionalización de las empresas hacia las decisiones de realizar IED horizontal y/o vertical.

Yeaple (2003) demuestra por primera vez la hipótesis de *complementariedad* entre ambos tipos de IED. Grossman *et al.* (2005) demuestran en su modelo teórico la complementariedad entre ambas estrategias de internacionalización. Helpman (2006) confirma dicha hipótesis en un trabajo de revisión de la literatura sobre esta relación entre IED horizontal y vertical.

2.4.1.3. Metodología: Internacionalización y productividad

En este epígrafe se realiza una revisión de la literatura referente a las principales metodologías utilizadas para contrastar la hipótesis de *self-selection*.

Entre estas metodologías encontramos: Probit, test de normalidad (test de Kolmogorov-Smirnov), Regresión Cox-Hazard, test de dominancia estocástica, y la probabilidad lineal con Efectos Fijos.

A continuación se detallan estas y otras metodologías que se han utilizado mayoritariamente en los trabajos de la “*New*” *new trade theory* (ver Cuadro 2.2.).

Cuadro 2.2. *Relación metodológica*

Autores	Metodología	Muestra	Exportador versus no exportador*
Roberts y Tybout (1996)	Probit	Colombia, 1982-1986	+
Bernard y Wagner (2001)		Alemania, 1978-1992	+
Kimura y Kyiota (2006)		Japón, 1991 y 1994	+
López (2006)		Chile, 1990-1996	+
Kyiota <i>et al.</i> (2007)		Japón, 1994-2000	0
Bernard y Jensen (2007)		Estados Unidos. 1987-1997	0

Autores	Metodología	Muestra	Exportador versus no exportador
Eriksson, Smeets y Warzynski (2009)	Probit	Dinamarca, 1993-2003	+
Görg y Sapliara (2010)		Reino Unido y Francia, 1998-2005	+
Baldwin y Yan (2011)		Canadá, 1979-1996	+
Esteve-Perez, Manez-Castillejo y Sanchis-Llopis (2008)	Regresión Cox-Hazard	España, 1990-2002	+

Autores	Metodología	Muestra	Exportador versus no exportador
Delgado <i>et al.</i> (2002)	Test de normalidad	España, 1991-1996	+
Girma, Kneller y Pisu (2003)		Reino Unido, 1988-1998	+
Girma, Görg y Strobl (2004)		Irlanda, 2000	+
Wagner (2005)		Alemania, 1995	+
Arnold y Hussinger (2006)		Alemania, 1996-2002	+
Girma <i>et al.</i> (2003)	Test de Dominancia estocástica	Reino Unido, 1991-1997	+

Autores	Metodología	Muestra	Exportador versus no exportador
Bernard y Jensen (1999)	Probabilidad lineal con Efectos Fijos	Estados Unidos, 1984-1992	+
Bernard y Wagner (2001)		Alemania, 1978-1992	+

Fuente: Elaboración propia

*+ El efecto es positivo y significativo; 0 Los efectos son no significativos y existe cambio de signo

Tal y como puede comprobarse una gran mayoría de trabajos empíricos optan por la realización de un modelo Probit para contrastar la hipótesis (Roberts y Tybout, 1996; Bernard y Wagner, 2001; Kimura y Kyiota, 2006; Bernard y Jensen, 2007; Eriksson *et al.* 2009). No obstante, el segundo método mayoritariamente utilizado es el Test de normalidad, donde concretamente se utiliza el Test de Kolmogorov-Smirnov (Delgado *et al.* 2002; Girma *et al.* 2004; Wagner, 2005; Arnold y Hussinger, 2006).

Así mismo, podemos observar como la gran mayoría de trabajos analizados destacan una relación positiva y significativa entre la productividad y la exportación, excepto para los trabajos de Kyiota *et al.* (2007) y Bernard y Jensen (2007).

2.4.1.4. Internacionalización y Eficiencia Técnica

En cuanto a la literatura que analiza la posición internacional con respecto a la ET de las empresas no existe una amplia bibliografía (Benalieva *et al.* 2012; Biener, Eling y Wirfs, 2016).

Li (2008) muestra para el mercado de las telecomunicaciones en China una relación de la mejora de la ET coincidiendo con la internacionalización de las empresas. Para la estimación de la ET utiliza el método paramétrico de frontera estocástica.

Mok *et al.* (2010) concluye un resultado similar al de Li (2008) para el sector textil-confección chino. No obstante, Mok *et al.* (2010) utiliza el método DEA para la estimación de la ET.

Cabe destacar que aquellas empresas que venden en el mercado internacional, son consideradas como empresas multinacionales, tienen un valor superior de ET que aquellas empresas que no se internacionalizan (Ragnan y Sengul, 2009).

En cuanto a los trabajos empíricos sobre la ET, una revisión de la literatura nos muestra claramente que la metodología mayoritariamente utilizada es la correspondiente al DEA (Banalieva y Jiang, 2012; Barros, Liang y Peypoch, 2014).

2.5. Resumen y conclusiones

Aunque el análisis de la productividad y eficiencia fijan objetivos de forma independiente para cada empresa, la metodología también permite la consideración de restricciones y objetivos comunes. En este capítulo se han presentado los principales puntales de la relación existente entre estas variables y la internacionalización empresarial, dentro del contexto de la “*New*” *new trade theory*.

La primera de las variables analizadas, la productividad, engloba dos perspectivas como son la macro y la microeconómica. En el caso de la primera, se busca conocer que impacto tiene la Productividad Total de los Factores en el crecimiento de un país. En el caso de orientación microeconómica se pretende analizar la productividad y su estimación. Para ello se utilizan tanto métodos no-paramétricos como paramétricos. Donde se constata que la utilización de la metodología paramétrica es mayoritaria, y concretamente, la función de producción Cobb-Douglas.

Por otro lado, para el cálculo de la eficiencia técnica se utilizan los modelos DEA, donde se han analizado diferentes ejemplos con orientación de entrada y salida.

Por último, se ha analizado la “*New*” *new trade theory*. En este punto se ha argumentado la importancia que ha ido ganando el comercio intraindustrial. Se concluye que el comportamiento de las empresas heterogéneas amplía las ventajas del comercio internacional, y donde esta heterogeneidad se valora en base, precisamente, a la productividad y la eficiencia.

De todo lo expuesto se deduce que los tres grupos de teorías no se excluyen, sino que son complementarios, dado que las relaciones intraindustriales son complejas y no pueden ser explicadas por una sola causa.

CAPITULO 3

El sector químico español

En este capítulo se analizan las principales características del sector químico español y se hace una breve descripción histórica. Finalmente, se presentan brevemente las conclusiones.

3.1. Introducción

La elección del sector químico español como objeto de estudio viene determinada por la importancia que tiene el mismo en el conjunto de la economía española. Así como por la influencia que tiene el sector en el cómputo de las actividades manufactureras de la economía española debido al agregado de clientes internos y externos que dependen directa e indirectamente del mismo (Collado-Bravo *et al.* 2012).

El sector químico es el tercero en importancia dentro del sector industrial español, por detrás del de Alimentación, bebida y tabaco y el de Material de Transporte en el año 2014. Genera el 12,4% del Valor Añadido Bruto (VAB) a precios corrientes, del total de la economía nacional. Destaca también su nivel de internacionalización, su capacidad de acceso a los mercados internacionales, así como su estabilidad laboral, con un 95% de asalariados con contrato indefinido (FEIQUE³⁶, 2015).

3.2. Breve historia del sector químico

Las primeras actividades de la industria química se desarrollan en torno a la década de 1780, en el País vasco, Cataluña y Madrid (De Diego, 1996). Éstas están asociadas a la extracción y preparación de metales, las incipientes actividades farmacéuticas y la preparación de armamento para el ejército.

En 1847, se crea la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por real decreto de Isabel II. Menos de un siglo después, concretamente en 1932, se crea la Academia Nacional de Farmacia (De Diego, 1996).

³⁶ Federación Empresarial de la Industria Química Española.

El siglo XX es el periodo de desarrollo de la industria química moderna. Podemos dividirlo en tres fases:

1. 1907 – 1936: Se asocia directamente a la “Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas”, así como a la actividad de los químicos-investigadores como Antonio Madinaveitia (Farmacia), Enrique Moles (Ciencias químicas) y Miguel Catalán (Investigaciones Físicas). Esta situación permite la consolidación del sector dentro de la economía nacional (De Diego, 1996).
2. 1936 – 1975: Este segundo período coincide con la creación y el desarrollo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el año 1939. Cabe destacar en este período la etapa correspondiente al período comprendido entre los años 1959 y 1963, donde el valor de la producción aumentó de manera continuada debido a una mayor inversión en el sector (Esteban Santos, 2010).

La expansión de la química española en esta fase puede resumirse en el siguiente cuadro, donde se observa la evolución del número de trabajadores del sector entre los años 1962 y 1971. Sin embargo, durante este ciclo, el ritmo de crecimiento fue bastante débil, y lo dividimos en dos sub-períodos:

1. 1962-1963: se habían creado 6.550 nuevos puestos de trabajo, a un promedio anual superior al de la etapa siguiente.
2. 1964-1971: se han generado 36.620 nuevos puestos de trabajos.

Cuadro 3.1. *Evolución del empleo por subsectores. 1962-1971*

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Abonos	15,10	15,40	15,50	15,70	15,80	15,85	15,90	15,90	15,80	15,70
Industria inorgánica de base e intermedios	19,60	19,80	19,90	20,10	20,10	20,15	20,30	20,30	20,30	20,30
Industria orgánica de base e intermedios	11,50	11,60	11,80	12,00	12,10	12,15	12,10	12,15	12,15	12,15
Colorantes	850	900	950	950	950	950	950	950	950	950
Pigmentos	950	1,000	1,050	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,150	1,150
Curtientes	290	290	290	280	270	270	250	250	250	250
Jabones y detergentes	4,000	4,000	4,100	4,250	4,250	4,250	4,300	4,350	4,350	4,350
Perfumería	4,000	4,100	4,200	4,300	4,300	4,300	4,350	4,400	4,450	4,450
Pólvoras, explosivos, fósforos	4,850	5,550	5,600	5,750	5,750	5,750	5,750	5,750	5,750	5,750
Plásticos y cauchos	3,200	3,300	3,400	3,600	3,700	3,750	3,800	3,850	3,85	3,850
Fibras artificiales y sintéticas	9,500	10,00	10,50	11,50	12,00	11,90	11,80	11,60	11,56	11,76
Modelo de plásticos	13,50	15,50	20,00	26,00	27,00	27,20	27,30	27,40	27,50	27,80
Manufacturas de caucho	20,00	22,50	24,00	27,00	30,10	30,50	30,90	31,80	31,80	31,90
Pinturas	5,200	5,300	5,500	5,700	5,750	5,750	5,750	5,750	5,850	5,950

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Fotografía	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,700	1,700	1,700	1,650	1,650
Plaguicidas	1,550	1,600	1,700	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,900	1,950
Resinas naturales	900	750	700	700	700	700	700	700	700	600
Aceites y grasas	1,300	1,650	1,650	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Ceras y parafinas	1,800	1,950	1,950	2,800	3,000	3,000	3,000	2,300	2,250	2,250
Hidratos de carbono y colas	2,250	2,250	2,250	2,600	2,700	2,750	2,750	2,750	2,750	2,750
Productos farmacéuticos	18,950	21,000	21,200	24,100	25,650	27,480	28,570	28,970	28,980	30,200
Papel y pastas de papel	--	--	20,75	22,05	22,50	22,80	22,60	22,40	23,32	23,55

Fuente: De Diego (1996), pp. 131

3. 1975 – 2000: En esta fase se observa un claro decrecimiento entre 1976 y 1978, si bien a partir del 1979 se da una lenta recuperación tanto en producción como en consumo. Sin embargo, el comercio exterior experimenta un descenso relativo que se intensifica desde mediados de la década de 1980 hasta 1993 (De Diego, 1996). Por el contrario, las inversiones crecen levemente hasta 1990. A partir de esta década se mantienen en un nivel elevado, del mismo modo que lo hizo la rentabilidad obtenida por el sector a lo largo de las décadas de los 80 y 90 (Buisán *et al.* 1997).

Cuadro 3.2. *Evolución de la producción química y del consumo aparente (miles de millones de pesetas corrientes)*

Años	Valor producción	Valor Consumo aparente
1976	3.603	4.006
1977	3.247	3.529
1978	3.133	3.359
1979	3.636	3.829
1980	3.753	3.952
1981	3.856	4.054
1982	3.879	4.067
1983	2.458	2.549
1984	2.908	2.975
1985	3.271	3.329
1986	n.d.	n.d.
1987	n.d.	n.d.
1988	n.d.	n.d.
1989	n.d.	n.d.
1990	4.609	5.168

Años	Valor producción	Valor Consumo aparente
1991	4.581	5.233
1992	4.625	5.356
1993	4.541	5.216

n.d. Datos no disponibles

Fuente: Elaboración propia a partir de De Diego (1996)

Las inversiones en I+D siguen siendo prácticamente las mismas que siglos atrás, es decir, se han mantenido constantes a lo largo del período (Hernando y Vallés, 1993).

En este lapso de tiempo, la mayor parte de las empresas se encuentran en Cataluña, exactamente el 38 por ciento, seguida de Madrid con un 19 por 100. Si bien, en cuanto a la apertura internacional, las empresas mantuvieron un bajo nivel de intercambio con el exterior: el porcentaje de las exportaciones sobre los ingresos totales representaba aproximadamente un 21,3 por 100 en 1993 (De Diego, 1996).

3.3. Situación actual del sector químico

El peso del sector químico en el año 2011 (FEIQUE, 2013) puede sintetizarse en las siguientes observaciones:

- El 2,06% de las empresas de la industria manufacturera española son empresas del sector químico
- Representa un 11% del Producto Interior Bruto (PIB), y genera más de 500.000 puestos de trabajo directo e indirecto.
- Las ventas al exterior suponen un 51% del total, lo cual implica que es uno de los sectores económicos exportadores más importantes.

En cuanto a la importancia del sector químico en comparación al resto de sectores que conforman el tejido industrial español tomando como base el porcentaje del importe neto de la cifra de negocios (miles de euros) para el año 2011, se obtiene la siguiente Figura 3.1.

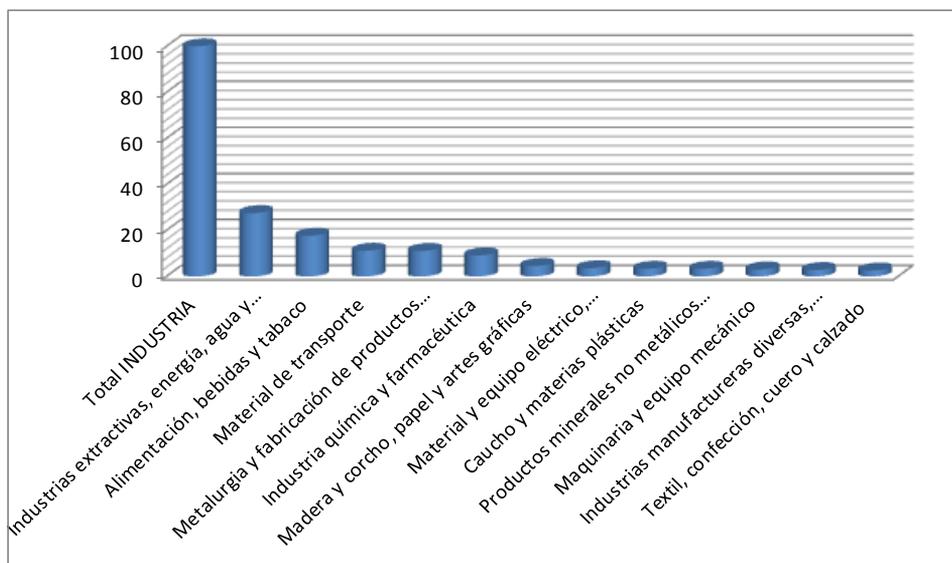


Figura 3.1. Importe cifra de negocio (%) de los sectores económicos españoles para el año 2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de FEIQUÉ

El sector químico español, conjuntamente con las industrias extractivas, la alimentación, bebidas y tabaco, el Material de transporte y la Metalurgia y fabricación de productos metálicos, es de los sectores con una mayor importancia en cuanto al volumen de ingresos de la industria a nivel agregado.

La Figura 3.2 recoge la evolución del importe neto de cifra de negocios del sector valorado en miles de euros (a precios corrientes) durante los años 2005-2011. Puede observarse claramente tres períodos diferenciados: en el primero, que va del año 2005 al 2007, se puede comprobar como existe un notable crecimiento. En este período

la industria química realiza un importante esfuerzo inversor (FEIQUE, 2014).

En una segunda etapa, del 2007 al 2009, se da el período de crisis internacional, donde la tendencia global en toda la industria es hacia la contracción económica (Estrada y Alvaro, 2016)

Por último, el período que va del año 2009 al 2011, puede afirmarse que existe una recuperación económica del sector, debido a que el sector químico expande su actividad internacional y repunta la inversión en I+D (FEIQUE, 2014).

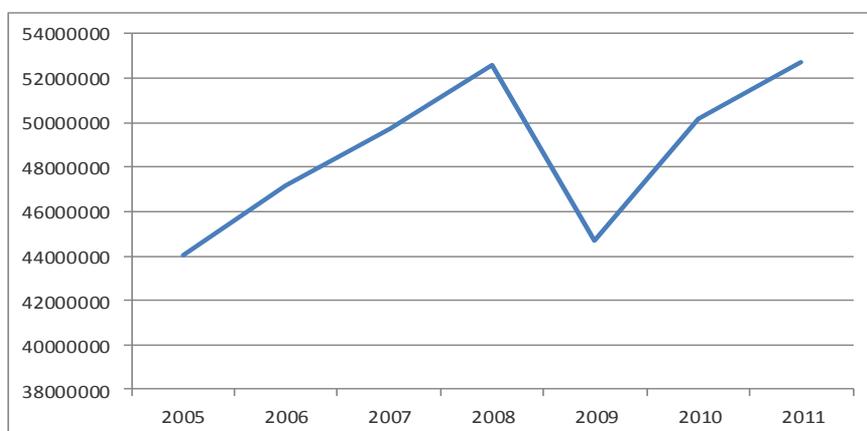


Figura 3.2. Evolución de la cifra de negocios del sector químico (miles de euros). Años 2005-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

En cuanto a la productividad del sector químico español, es de los sectores económicos que han experimentado un crecimiento más destacable en el panorama manufacturero en los últimos años (Fernández de Guevara, 2011):

Cuadro 3.3. *Productividad Laboral y Productividad Total de los Factores del sector químico español (euros por ocupado 2005). Año 2000-2007*

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PTF	1,4100	1,4408	1,4391	1,4978	1,5101	1,4545	1,4613	1,5235
Total sectores	1,0628	1,0478	1,0277	1,0254	1,0179	1,0000	1,0022	1,0322
Productividad laboral	75.599	78.895	78.357	79.481	78.975	79.448	75.241	78.811
Total sectores	47.058	45.683	44.602	44.155	43.881	44.154	45.514	40.398

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos en Fernández de Guevara (2011)

Para proporcionar una visión general más profunda de la industria química, analizamos la evolución entre 2008 y 2013 de las siguientes variables:

- Personas ocupadas (número de trabajadores).
- Ventas netas de mercaderías (en miles de euros).
- Inversión en activos materiales (en miles de euros).
- Inversión en activos intangibles (en miles de euros).

La primera variable analizada hace referencia a las personas ocupadas o empleo total, medido por el número total de trabajadores contratados. La Figura 3.3 presenta datos para el sector industrial, mientras que la Figura 3.4 muestra, concretamente, los valores totales del sector químico.

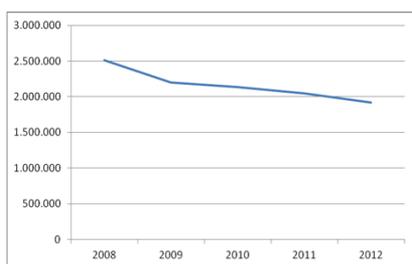


Figura 3.3. Número de trabajadores en la industria nacional para el período 2008-2012.

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística

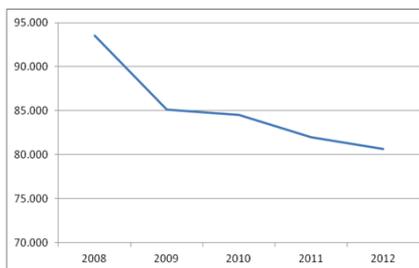


Figura 3.4. Número de trabajadores del sector químico español para el período 2008-2012.

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística

Si analizamos los valores de la Figura 3.3 puede comprobarse que la tendencia respecto al total de trabajadores contratados en el tejido industrial nacional es decreciente a partir del año 2008, con la pérdida de un 23.55% de trabajadores en la industria nacional en el 2012.

En cuanto al sector químico (Figura 3.4), la principal diferencia con respecto al tejido industrial nacional es el decremento del total de trabajadores (con una pérdida neta del 13.73% puestos de trabajo) contratados en el período que comprende los años 2008 y 2009.

Cabe destacar como, desde el inicio de la crisis económica hasta el 2012 existe una notable disminución de personal contratado por las empresas del sector químico, el cual disminuye aproximadamente un 11,4% del año 2008 al 2012.

Las dos siguientes figuras permiten comparar la evolución las ventas netas, la inversión en activos materiales e intangibles para el sector industrial y para la industria química.

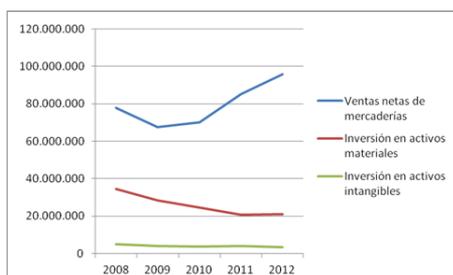


Figura 3.5. Evolución de las variables Ventas netas, Inversión en activos materiales e intangibles en la industria nacional para el período 2008-2012.

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística

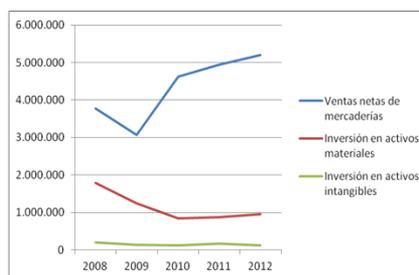


Figura 3.6. Evolución de las variables Ventas netas, Inversión en activos materiales e intangibles del sector químico español para el período 2008-2012.

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística

En general, el volumen de ventas en la industria se ha incrementado a partir del año 2008 al 2012, denotando una clara recuperación de las ventas totales con un total del 18.66%. Si bien, las inversiones en activos materiales muestran una clara tendencia decreciente a lo largo del período. Respecto a las otras dos variables analizadas observamos una clara tendencia decreciente, en cuanto a la Inversión en activos materiales (un -38.77%) mientras que la variable Inversión en activos intangibles presenta una disminución del 31.58%.

En cuanto a la tendencia del sector químico respecto a las ventas de mercaderías, muestra una tendencia análoga a la industria nacional (Figura 3.6). Esta tendencia supone un aumento de la facturación en un 38.14% del año 2008 al 2012.

Tomando la inversión en activos materiales, el sector químico muestra a partir del año 2010 una tendencia creciente. Una situación similar se observa con la inversión en activos intangibles, que marca un repunte inversor en el período comprendido entre el 2010 y 2012.

Por tanto, el sector químico cumple con los requisitos marcados en el crecimiento empresarial citado anteriormente (pp. 146). La recuperación y mejora productiva del sector viene determinada por una menor contratación de personal –mejorando su eficiencia- y una mayor tasa de inversión en activos tangibles e intangibles.

En cuanto a la ubicación geográfica de las empresas del sector químico español históricamente se han concentrado en tres CC.AA³⁷:

- Cataluña
- Madrid
- País Vasco

Esta tendencia ha perdurado hasta la actualidad, tal y como puede comprobarse en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.4. *Distribución geográfica del sector químico español año 2012 (% de empresas con respecto al total)*

CC.AA	%
Cataluña	44
Madrid	16
Comunidad Valenciana	8
Andalucía	8
País Vasco	4
Resto	20

Fuente: FEIQUE (2013)

³⁷ Ver nota histórica.

Un 44% de las empresas del sector se concentra en Cataluña, y un 16% en Madrid. El total de estas dos Comunidades representa el 60% del total nacional, un porcentaje notablemente elevado, demostrando la prevalencia de Cataluña y Madrid como motores del sector químico español. El 40% restante se distribuye entre las otras 17 CC.AA.

En la siguiente figura se muestra el porcentaje de la producción total de los subsectores industriales que se destinan a la exportación.

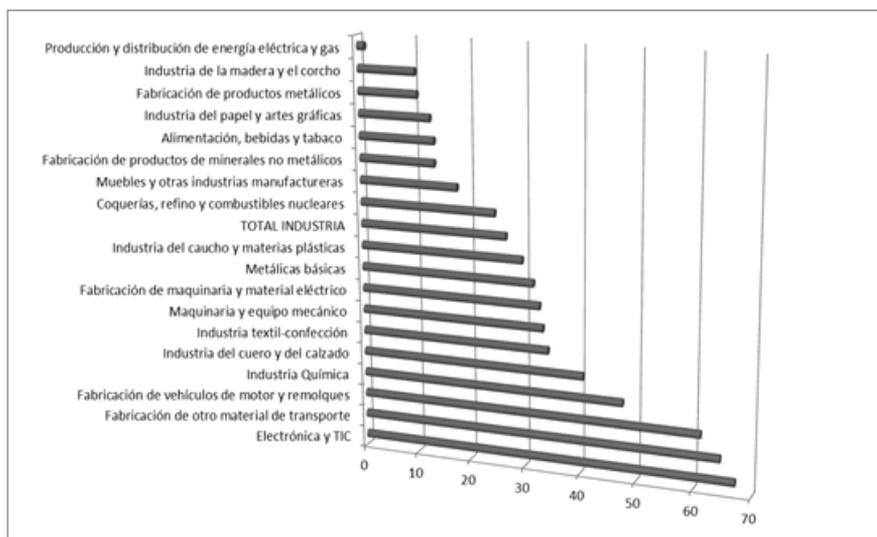


Figura 3.7. Porcentaje de la producción destinada a la exportación. Año 2007.

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística y FEIQUE

Puede destacarse que el sector químico es el cuarto sector con mayor propensión exportadora de entre los sectores que componen el sector industrial. El valor de la producción total del sector químico que se destina a la venta al mercado exterior corresponde al 47.5%.

El sector químico corresponde al grupo C de la clasificación CNAE-2009, y dentro de este, al sub-grupo 20. Entre los subsectores que componen la industria química se tienen los correspondientes a:

- Química básica (201).
- Agroquímica (202).
- Pinturas y tintas (203).
- Fabricación de jabones, detergentes y cosmética (204).
- Otros productos químicos (205).
- Fibras artificiales (206).

El Cuadro 3.5 recoge el total de empresas que conforman los diferentes sub-sectores para el período 2007-2011. La primera columna muestra cada uno de los subsectores de la industria química. En las columnas correspondientes a los años se obtiene el total de empresas por subsector. Y, por último, la columna de % muestra el peso de cada subsector con respecto al total de la industria nacional valorado en porcentajes. Respecto a la última fila, ésta hace referencia al total de empresas que conforma la industria nacional.

Cuadro 3.5. *Número de empresas por sub-sectores de actividad (% de empresas por sub-sector)*

	2005	%	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%	2010	%	2011	%
CNAE 20.1. Fabricación de productos químicos básicos	825	0.53	856	0.6	834	0.6	844	0.56	812	0.59	807	0.59	770	0.6
CNAE 20.2. Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	83	0.05	86	0.1	79	0.1	83	0.06	81	0.06	73	0.05	72	0.06
CNAE 20.3. Pinturas, barnices, tintas de imprenta y masillas	538	0.34	514	0.3	512	0.3	491	0.33	466	0.34	446	0.33	422	0.33
CNAE 20.4. Artículos de limpieza y abrillantamiento, perfumes y cosméticos	945	0.6	897	0.6	818	0.5	831	0.56	857	0.63	817	0.6	794	0.61
CNAE 20.5. Fabricación de otros productos químicos	623	0.4	656	0.4	667	0.4	612	0.41	603	0.44	618	0.45	568	0.44
CNAE 20.6. Fabricación de fibras artificiales y sintéticas	52	0.03	44	0	42	0	43	0.03	37	0.03	41	0.03	42	0.03
Total Industria Química	3.066	1.95	3.053	2	2.952	2	2.904	1.94	2.856	2.09	2.802	2.06	2.668	2.06
Total Industria	157.111	100	155.9	100	151.3	2	149.60	100	136.55	100	135.96	100	129.33	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos INE.es

El total de empresas del sector químico en el año 2005 era de 3.066, que representaba un 1.95% del total de empresas del tejido industrial nacional. De los subsectores que conforman el sector químico es destacable la química básica, con un 0.53% respecto al total de la industria nacional y un 26.91% del sector químico. Este subsector, correspondiente al CNAE 20.1, facilita la competitividad de los demás subsectores debido a que engloba la fabricación de gases industriales, colorantes y pigmentos, otros productos básicos de química inorgánica, otros productos básicos de química orgánica, fertilizantes y compuestos nitrogenados, plásticos en formas primarias, y caucho sintético en formas primarias. Si bien, el subsector de artículos de limpieza y abrillantamiento, perfumes y cosméticos corresponde al 30.82% del total de la industria.

Sin embargo, entre 2005 y 2011 se produce una disminución del número de empresas del 12.98%. Esta tendencia se constata en todos los subsectores, que siguen la misma tendencia que el total del sector industrial.

En cuanto a la distribución por comunidades autónomas del sector químico, el cuadro 3.6 muestra el total de empresas por CC.AA y el porcentaje del total. Seleccionando el total de empresas del sector químico extraído del Directorio Central de empresas (DIRCE) por Comunidades Autónomas para el año 2012 se obtiene:

Cuadro 3.6. *Número de empresas total por CC.AA. Año 2012*

CC.AA	CNAE	
	20	%
Andalucía	351	12.56
Aragón	98	3.51
Asturias	37	1.32
Baleares	27	0.97
Canarias	40	1.43
Cantabria	26	0.93
Castilla y León	86	3.08
Castilla la Mancha	137	4.90
Cataluña	770	27.56
C. Valenciana	429	15.35
Extremadura	43	1.54
Galicia	104	3.72
Madrid	300	10.74
Murcia	124	4.44
Navarra	36	1.29
País Vasco	153	5.48
Rioja (La)	33	1.18
Total	2.794	100

Fuente: INE. Directorio Central de Empresas.

Se aprecia como Cataluña representa el 27.56% del total de empresas del sector químico, seguido de Andalucía y la Comunidad Valenciana. Mientras que Cantabria e Islas Baleares presentan un volumen menor de empresas, con un total del 0.93% y el 0.97%, respectivamente.

3.4. Conclusión

Por todo lo visto anteriormente, el sector químico español tiene una gran importancia en el conjunto del tejido industrial español, debido a su volumen de trabajadores, inversiones e incluso en su posición en el mercado internacional.

Éste tiene una larga tradición histórica en la economía española, si bien existe es importante diferenciar tres períodos:

- Un primer período definido entre 1907 – 1936, donde el sector muestra una clara tendencia de crecimiento.
- En un segundo período comprendido entre 1936 – 1975, se da una consolidación del sector.
- Y, por último, el tercero viene incluido entre los años 1975 y 2000, en el cual se destaca una clara tendencia creciente en cuanto a su importancia en la economía nacional española.

En la actualidad el sector químico mantiene una tendencia creciente en cuanto a las ventas netas e inversiones tanto en activos tangibles como intangibles.

Así mismo, una de las principales características de la industria química es su alto grado de internacionalización, tal y como hemos podido comprobar, el sector químico se sitúa como el cuarto exportador de la economía española. Además de la capacidad exportadora apoyada por la positiva evolución de la demanda interna encontramos su capacidad innovadora y tecnológica.

El sector químico es activo en la mayoría de las CC.AA, si bien se aprecia como Cataluña es la que mayor presencia tiene, ya que representa un 27.56% del total de empresas del sector. No obstante, Andalucía y la Comunidad Valenciana también tienen un fuerte

impacto en cuanto al posicionamiento de las empresas químicas, con un 12.56% y un 15.35%, respectivamente.

CAPITULO 4

Modelización Econométrica, base de datos y selección de las variables

En este capítulo se pretende dar una visión general de las técnicas econométricas utilizadas para la estimación de los conceptos definidos en el capítulo 2. Partiendo de una descripción general, se pasa a enumerar las principales técnicas utilizadas: Mínimo Cuadrados Ordinarios, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios, así como el método DEA para el caso de la ET. Para finalizar con una revisión de las variables utilizadas.

4.1. Introducción

La necesidad de medir la capacidad de una empresa para convertir los inputs en una producción final (output), es condición *sine qua non* del correcto análisis de la economía actual. La variable que explica la diferencia entre el output, que no viene explicado por las diferentes utilizaciones de inputs, es lo que se conoce con el nombre de PTF.

Comúnmente, esta medida se confunde con la eficiencia empresarial, por ello es necesario diferenciarlas, tanto en sentido estricto como en la manera de realizar la estimación econométrica. Ambos conceptos están ligados al correcto funcionamiento de la empresa y a la mejora de su posición competitiva (Pinilla, 2001).

En este capítulo se presentan las metodologías y modelos econométricos utilizados para la medición de la PTF y la eficiencia. Sin olvidar el análisis de los diferentes contrastes estadísticos que permiten confirmar o rechazar las dos hipótesis planteadas en esta tesis.

Finalmente, para la realización de una correcta estimación de la función, hay que seleccionar de manera adecuada las variables para poder construir una base de datos coherente con la hipótesis planteada respecto a la mejora de la productividad permite a las empresas del sector químico internacionalizarse. O bien, dándose el caso inverso, internacionalizarse mejora la productividad empresarial. Por ello es necesario definir las y detallarlas, explicando el porqué de cada una de las variables seleccionadas.

A continuación se presenta la estructura de este capítulo 4. En la segunda sección se resume los contenidos, y se realiza la modelización de la productividad. Se muestran los modelos utilizados para la estimación de la variable PTF. Por último, se resume los principales trabajos realizados en España sobre la estimación de dicha variable.

La tercera sección contiene una panorámica de la modelización y la estimación de la variable eficiencia técnica. Además, proponemos un cuadro resumen con trabajos de investigación que han tratado la eficiencia empresarial en España. La sección tres analiza los principales modelos DEA utilizados en esta investigación.

En la sección cuatro se presentan los principales test que permiten analizar la relación existente entre cada una de las variables (productividad y eficiencia) con respecto a la internacionalización de las empresas.

Por último, en la sección cinco se realiza una breve presentación de las bases de datos utilizados en esta tesis. Así mismo, se presentan y definen las variables utilizadas en el análisis realizado en esta tesis.

4.2. La modelización de la productividad

Una de las funciones de producción más sencilla y extensamente utilizada en la literatura, es la función Cobb-Douglas, que permite representar las relaciones existentes entre un producto y las variaciones de los inputs (Mankiw, 2000).

La función de producción de Cobb-Douglas nació en Estados Unidos a partir de la observación empírica de la distribución de la renta nacional total entre los factores capital y trabajo. Los datos mostraban una cierta estabilidad a lo largo del tiempo. Sin embargo, cuando aumentaba la producción, la renta total crecía en la misma proporción que la del conjunto de empresarios propietarios del capital. Douglas (economista y Senador de los Estados Unidos) le solicitó a Cobb (matemático) la definición de una función que explicara la participación constante de los dos factores cuando su producto marginal aumentaba.

Así, se parte de la función de producción donde se relaciona funcionalmente el producto, con un conjunto de inputs observables y

un factor neutral en el sentido de Hicks. Quedando representada la función de producción como sigue,

$$Y_{it} = A_{it} F(K_{it}, L_{it}, M_{it}) \quad [4.1]$$

Donde t es el período de tiempo analizado, i es la empresa objeto de estudio, Y representa la producción, y $F(\cdot)$ es la función de inputs observables que se supone que es continua y univoca, donde, K es el coste de capital, L el de trabajo, y M es el coste de material. La función puede reescribirse como,

$$Y_{it} = A_{it} L_{it}^{\beta_L} K_{it}^{\beta_K} M_{it}^{\beta_M} \quad [4.2]$$

Donde ahora definimos Y_{it} como el output total de la empresa i en el periodo t , L es el factor trabajo, K es el factor cuasi-fijo capital y M son los inputs intermedios (material) (Melitz, 2000); A_{it} es la PTF o el nivel de eficiencia neutral *hicksiano*³⁸.

En la función $Y = AF(K,L,M)$, la variable A se dice que es neutral según Hicks, la cual significa que no es observable para el investigador. El resto de variables Y , K , L y M sí son observables.

Los parámetros betas (β_l , β_k , β_m) son las elasticidades de la producción asociadas al trabajo, capital y material, respectivamente. Éstas representan el cambio estructural en la producción al variar la cantidad de uno de los inputs en un 1% de la cantidad empleada.

Así, la suma de las elasticidades ($\beta_l + \beta_k + \beta_m$) determina las economías de escala, o rendimientos, de la función de producción:

Si $\beta_l + \beta_k + \beta_m > 1$, existen rendimientos crecientes a escala

³⁸ La neutralidad en el sentido de Hicks viene asociada directamente al progreso técnico, relacionado con los factores productivos cuando los precios permanecen constantes (Hicks, 1960).

Si $\beta_l + \beta_k + \beta_m < 1$, existen rendimientos decrecientes a escala

Si $\beta_l + \beta_k + \beta_m = 1$, existen rendimientos constantes a escala, es decir, que cualesquiera de las variables que se incremente en la misma proporción, la producción también aumentará en la misma proporción.

El grado de homogeneidad de una función, viene determinado por la variación que tenga el output debido a un cambio producido por la cantidad de inputs empleada. Si se multiplica cada uno de los componentes que conforman los inputs por una constante ϕ y el valor de la producción es multiplicado por ϕ^r , entonces la función será de grado r .

Siguiendo a Bichara y Garza (1990) si se parte de la anterior definición, la función $Y = F(K, L, M)$ es una función homogénea de grado r , donde,

$$F(\phi K, \phi L, \phi M) = \phi^r F(K, L, M); \tau \in R \quad [4.3]$$

Así, dada la función de producción [4.2],

$$Y = A_{it} F(L, K, M) = A_{it} L_{it}^{\beta_l} K_{it}^{\beta_k} M_{it}^{\beta_m} \quad [4.4]$$

Multiplicando cada factor por una constante ϕ y operando, se obtiene:

$$Y = A_{it} F(\phi L, \phi K, \phi M) = A_{it} (\phi L_{it})^{\beta_l} (\phi K_{it})^{\beta_k} (\phi M_{it})^{\beta_m} = \quad [4.5]$$

$$A_{it} \phi^{\beta_l + \beta_k + \beta_m} L_{it}^{\beta_l} K_{it}^{\beta_k} M_{it}^{\beta_m} = A_{it} \phi^{\beta_l + \beta_k + \beta_m} F(L, K, M)$$

Donde $\beta_l + \beta_k + \beta_m$ indica el grado de homogeneidad.

La función de producción Cobb-Douglas presenta un comportamiento correcto, en el sentido que muestra las propiedades de convexidad que se deducen de la forma habitual supuesta a las isocuantas. O, lo que es lo mismo, al ser cada uno de los exponentes, β_l , β_k , β_m inferiores a la

unidad, dicha especificación resulta consistente con el postulado neoclásico de productividad marginal decreciente de los factores³⁹. Los inputs se encuentran elevados por otro factor, que son sus respectivas elasticidades (Díaz Martínez, Pineda y del Prado, 2002).

De la ecuación [4.4], se concluye que existe una relación no lineal entre la producción y los tres inputs. Para realizar la aproximación se estiman las elasticidades para poder valorar la función de producción. En este caso, si se opera con logaritmos naturales, se transforma la función en lineal,

$$\ln y_{it} = \ln(A_{it}) + \beta_l \ln(l_{it}) + \beta_k \ln(k_{it}) + \beta_m \ln(m_{it}) + u_{it} \quad [4.6]$$

Una vez realizada la transformación logarítmica, el modelo es lineal en los parámetros β_l , β_k y β_m y, por consiguiente es un modelo de regresión lineal⁴⁰.

Para la realización de la estimación a nivel de PTF de la empresa, el procedimiento estándar es la estimación mediante la regresión de la siguiente ecuación (Hallward-Driemeier, 2002; Arnold, 2005):

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l(l_{it}) + \beta_k(k_{it}) + \beta_m(m_{it}) + u_{it} \quad [4.7]$$

Donde u_{it} representa el término de error, el cual recoge todos aquellos factores de la realidad no observables o los debidos a circunstancias externas y que afectan a la producción. β_0 es común a todas las unidades de producción de la muestra (por lo general la función se estima a nivel de industria).

³⁹ Por la ley de rendimientos decrecientes, donde se obtendrá menos producción con un incremento de un porcentaje de todos los inputs.

⁴⁰ La estimación de las funciones de producción puede realizarse mediante dos metodologías: regresión lineal y no lineal.

La función de producción Cobb-Douglas [4.7] puede ser fácilmente relacionada con el índice de la tecnología o PTF reescribiendo la función en: $\ln(A_{it}) = \beta_0 + u_{it}$, que varía con el tiempo.

El parámetro β_l mide el incremento porcentual de y como resultado de un aumento del 1% en L , mientras se mantienen constantes las variables K y M . Lo mismo sucede con β_k y β_m que medirán el incremento porcentual de y como resultado del aumento de 1% de K o M siempre que se mantengan constantes las variables L y M para el primer caso, y L y K para el segundo.

Siguiendo a Olley y Pakes (1996), la función de partida viene determinada como sigue,

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l(l_{it}) + \beta_k(k_{it}) + \beta_m(m_{it}) + u_{it} + \alpha_{it} \quad [4.8]$$

Donde, u_{it} representa la productividad de las empresas y α_{it} es una variable idéntica e independientemente distribuida (i.i.d, en adelante), que representa las desviaciones de las medias de los inputs. Donde la solución para la estimación de la productividad viene dada por,

$$\ln A_{it} = y_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_k k_{it} - \hat{\beta}_m m_{it} \quad [4.9]$$

Así, la variable PTF puede lograrse como la exponencial de $\ln(A_{it})$. Por tanto, la PTF se mide a partir de la obtención del resultado de la estimación de la ecuación [4.9]. Con esta ecuación también podemos llegar a una evaluación, de la influencia de las diferentes variables en la productividad de la empresa.

Existe la posibilidad de que los inputs tomen valor 0, esto hace que no puedan tomarse logaritmos. Esta situación perjudica la estimación de la función Cobb-Douglas ya que el logaritmo de 0 es una indeterminación. Existen dos posibles soluciones a ésta situación:

- a. La primera sería eliminar aquellos inputs que contienen 0, pero esto puede suponer la pérdida de información.
- b. El segundo método sería sustituir los valores 0 por un valor mínimo, así sí que puede tomar logaritmo (Battese, 1997).

Tal como indican Olley y Pakes (1996) estas estimaciones encuentran que los factores productivos e inputs tienden a estar correlacionados debido a un problema de simultaneidad. Si la empresa responde a un *shock* productivo positivo por una expansión de output, entonces existe una correlación entre el término de error y las variables independientes. Por lo tanto, los autores asumen que las variables L y M son variables inputs fluctuantes, mientras que por el contrario, K es una variable estática o cuasi-fija, afectada por la distribución de los *shocks* de productividad, u_{it} , que también se ve condicionada por la información dada, con respecto a la variable productividad, proveniente del período $t-1$ y valores presentes u_i .

Olley y Pakes (1996) también indican que el capital puede no estar correlacionado con la productividad. En este caso, si los niveles de capital están correlacionados con los inputs variables, como es el caso de la variable trabajo, podría implicar que un sesgo negativo en una de las variables influye también negativamente en la otra variable, ya que ambas se estiman simultáneamente. Para poder solucionar este problema, Olley y Pakes utilizan la inversión como *proxy* para los *shocks* de productividad no observados⁴¹.

En el modelo de Olley y Pakes puede incluirse la *dummy* exportación. De Loecker (2007) incluye esta variable obteniendo una extensión del modelo Olley y Pakes permitiendo diferenciar la estructura del mercado entre empresas que exportan y las que no realizan dicha actividad. Por tanto, el modelo se convierte en,

⁴¹ Olley y Pakes (1996) utilizan como proxy de productividad la función de inversión de la empresa, la cual depende del capital y la productividad.

$$A_{it} = h_e(l_{it}, k_{it}, m_{it}) \quad [4.10]$$

Donde e indica la presencia de la *dummy* exportación. De Locker (2007) asume que la exportación sólo afecta de manera futura a la distribución de la productividad.

Dependiendo de la base de datos utilizada, puede darse la situación que ésta no ofrezca la información necesaria para realizar la estimación mediante el modelo de Olley y Pakes, por lo tanto, se debe buscar una variable alternativa a la inversión. Levinsohn y Petrin (2000) recurren a los bienes intermedios como *proxy* para valorar los *shocks* de productividad no observados a los inputs intermedios. Levinsohn y Petrin (2000) llegan a la conclusión de que la utilización de la inversión como *proxy* conlleva dos problemas:

- a. El primero, que la inversión es una variable muy desigual (*lumpy*) debido a que incorpora costes de ajuste sustanciales y, por lo tanto, no responde “suavemente” a choques en productividad.
- b. El segundo, viene ligado a que muchas empresas no realizan inversión en algunos períodos de tiempo, y por lo tanto, la inversión es sólo válida para aquellas que reportan inversión diferente a cero.

Por último, una vez planteado el tema de la productividad individual, queda pendiente qué factores implican un crecimiento de la productividad agregada. Existen dos efectos complementarios que pueden explicar este crecimiento:

1. El crecimiento de las productividades individuales.
2. La redistribución de los inputs entre empresas, que conlleva una mejora de la productividad global.

4.2.1. Métodos econométricos para la estimación de la PTF

En esta sección se especifican las técnicas econométricas más utilizadas en la estimación de la función de producción Cobb-Douglas. En el Cuadro 4.1 presentamos un resumen de los métodos de estimación de la PTF en base al tipo de datos utilizados.

Cuadro 4.1. *Métodos de estimación de la PTF en base al tipo de datos utilizados*

Datos	Métodos de estimación	Referencias
Corte transversal	MCO	Canay (2003)
	MCO Modificada	Canay, Ruzzier, Romero y Rossi (2004)
	Máxima Verosimilitud	Coelli <i>et al.</i> (2005)
Datos en panel	Efectos Aleatorios	Katayama <i>et al.</i> (2005)
	Efectos Fijos	Hallward-Driemeier <i>et al.</i> (2002)
	Máxima Verosimilitud	Arellano y Bover (1990)
	Olley y Pakes	Olley y Pakes (1996)
	Levinsohn y Petrin	Levinsohn y Petrin (2003)

Fuente: Elaboración propia a partir de Ferro (2007)

Generalmente, no todos los métodos de estimación precisan del supuesto de independencia entre la PTF y las variables explicativas. Los modelos con datos de panel pueden ser estimados mediante la aplicación de diferentes metodologías determinísticas:

- Mínimo Cuadrado Ordinarios.
- Efectos Fijos.

- Efectos Aleatorios.
- Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG).
- Mínimo Cuadrado efectos aleatorios determinísticos (MCEV), que viene definido por el modelo de Efectos Fijos (Arellano y Bover, 1990).

Asimismo, también se encuentran los modelos estocásticos:

- Máxima Verosimilitud (MV).
- Arellano y Bover (1990).
- Olley y Pakes (1996).
- Arellano y Bond (1998).
- Levinsohn y Petrin (2003).

En esta tesis se especifica una función de producción Cobb-Douglas para el sector químico en España y se estima con un panel de datos. A continuación se detallan los métodos utilizados para dicha estimación: Mínimos Cuadrados Ordinarios, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios.

4.2.1.1. Mínimos Cuadrados Ordinarios

El primer método analizado es el de *Mínimos Cuadrados Ordinarios* (MCO, en adelante). Primero detallamos la forma más elemental de la relación existente entre dos variables: lineal. Al añadir un término de perturbación puede hablarse de un modelo de regresión lineal múltiple (MRLM):

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + u_i \quad [4.11]$$

Donde Y es la variable endógena, X , la exógena, α y β_k , $k = 1, \dots, m$ són los parámetros y u es el término de perturbación. El subíndice indica las observaciones de corte transversal $i = 1, \dots, n$.

Tal como puede observarse los parámetros son lineales, lo que permite la interpretación correcta de los parámetros del modelo (Gujarati, 2006). Los parámetros del modelo miden la intensidad media de los efectos de las variables explicativas sobre la variable a explicar:

$$\beta_j = \frac{\partial Y}{\partial X_j}; \text{ donde } j = 1 \dots k \quad [4.12]$$

Llamando μ_y al componente sistemático, puede escribirse la función como:

$$\mu_y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad [4.13]$$

Siendo esta la función de regresión poblacional (FRP). Para una muestra de n observaciones el modelo poblacional tendrá el siguiente sistema de n ecuaciones lineales:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \alpha + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{21} + \dots + \beta_k X_{k1} + u_1 \\ Y_2 &= \alpha + \beta_1 X_{12} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_k X_{k2} + u_2 \\ &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ Y_n &= \alpha + \beta_1 X_{1n} + \beta_2 X_{2n} + \dots + \beta_k X_{kn} + u_n \end{aligned} \quad [4.14]$$

O, en forma matricial: $Y = X\beta + U$, donde:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} 1 & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix} \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} \quad [4.15]$$

En la práctica econométrica siempre se trabaja con muestras de datos, pero el objetivo será estimar la relación para toda la población. Por tanto, el principal objetivo es encontrar la recta que pasa por el punto medio de cada distribución de probabilidad. Es decir, queremos encontrar una función que une el valor esperado $E(Y)$ de una variable independiente para cada nivel de las variables dependientes. Llamaremos esta función lineal de regresión poblacional (LRP), por tanto se utiliza la función de regresión muestral, que es una estimación de la LRP, que viene determinada por:

$$\hat{y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ki} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [4.16]$$

Donde el sombrero que llevan y , α y β , significa "estimado".

En una situación de estimación siempre aparecen los errores de estimación o residuos (u_i), que se definen como la diferencia entre el valor observado o real de Y y el valor estimado:

$$\hat{u}_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 x_{1i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki} \quad [4.17]$$

Para estimar puntualmente los parámetros α y β se utiliza un método que se llama MCO y que consiste en hacer mínima la suma de los residuos al cuadrado (SQE) (Martin *et al.* 1997).

$$SQE = \sum_{i=1}^n u_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_1 x_{1i} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki})^2 \quad [4.18]$$

Para emplear el criterio de MCO, se aplica la primera derivada de SQE con respecto a cada β_k en la expresión [4.16].

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial SQE}{\partial \hat{\beta}_1} &= 2 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] [-1] \\
 \frac{\partial SQE}{\partial \hat{\beta}_2} &= 2 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] [-x_{2i}] \\
 \frac{\partial SQE}{\partial \hat{\beta}_3} &= 2 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] [-x_{3i}] & [4.19] \\
 &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\
 \frac{\partial SQE}{\partial \hat{\beta}_k} &= 2 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] [-x_{ki}]
 \end{aligned}$$

Para minimizar esta expresión debe derivarse respecto de los estimadores e igualar a 0.

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] &= 0 \\
 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] x_{2i} &= 0 \\
 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] x_{3i} &= 0 \\
 \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots & \\
 \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ki}] x_{ki} &= 0
 \end{aligned}
 \tag{4.20}$$

O, con notación matricial,

$$X' X \hat{\beta} = X' y \quad [4.21]$$

Si se conocen las observaciones muestrales de y y de X_i , tenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas. Operando y resolviendo tenemos:

$$\hat{\beta} = (X' X)^{-1} X' Y \quad [4.22]$$

Cuya varianza viene dada por:

$$\text{Var} [\hat{\beta}] = \sigma^2 (X' X)^{-1} \quad [4.23]$$

Si bien, el estimador MCO de la varianza del término de perturbación es:

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{e' e}{n - k} \quad [4.24]$$

Donde n es el número de observaciones y k es el número de elementos del vector β .

Para nuestro caso donde se realiza la estimación de la PTF, Marshak y Andrews (1944), Griliches (1957) y Griliches y Mairesse (1998), entre otros, muestran ciertos sesgos e inconsistencias de los estimadores MCO debido a que las empresas deciden, de forma simultánea, los factores de producción y la productividad.

Cabe destacar que si tanto el número de observaciones (N) como los periodos de tiempo (T) son elevados el estimador MCO es consistente. Sin embargo, si las muestras no son suficientemente grandes en ambas dimensiones, como sería el caso de muchas observaciones ($N \rightarrow \infty$), pero tienen un período temporal corto, debería utilizarse el método de Arellano y Bond (1991).

El MCO selecciona aquellos parámetros que son relevantes para la minimización de la suma de los errores al cuadrado. Este método presenta diversos problemas estadísticos:

1. Como las empresas eligen sus inputs en base a su productividad en periodos anteriores se presenta un problema de endogeneidad. Esto hecho que los estimadores pierdan su propiedad de insesgadez.
2. Otro problema que plantea la estimación mediante MCO es la existencia de multicolinealidad. Esta violación de las hipótesis básicas del modelo de regresión aparece cuando se incluyen variables explicativas que pueden obtenerse como una combinación lineal exacta de alguna o algunas de las restantes.

Para medir el grado de multicolinealidad se utiliza el *Factor de Inflación de la Varianza* (FIV) (Neter, Wasserman y Kutner, 1990). El FIV mide en qué medida la varianza de los coeficientes de regresión estimados ha sido inflada, en comparación con un contexto en el que las variables predictoras no están linealmente relacionadas. El FIV de una determinada variable k viene dado por:

$$FIV_k = \frac{1}{(1 - R_k^2)} \quad [4.25]$$

Donde R_k^2 representa el R^2 de la regresión entre la variable explicativa k y las restantes variables explicativas del modelo. Una regla habitual para determinar si un modelo presenta multicolinealidad es la siguiente: si el promedio de todos los FIV es mayor a 10 o el mayor de los valores es superior a 10, existe multicolinealidad entre las variables (Maddala, 1996).

En los últimos años se han propuesto diversos métodos alternativos para superar el problema de la multicolinealidad. El más utilizado es el de Variables Instrumentales (VI), en el que se incluye el Método

Generalizado de los Momentos (MGM) y el estimador MGM-SYS (Blundell y Bond, 2000); el semiparamétrico Olley y Pakes (1996), y más recientemente, la variante Levinsohn y Petrin (2003).

4.2.1.2. Efectos Fijos

El método de *Efectos Fijos* (EF), pretende explorar la relación existente entre las variables predictoras y los resultados obtenidos dentro de una entidad (en nuestro caso cada una de las empresas).

La principal característica del EF es suponer que la existencia de ciertas propiedades de las observaciones de corte transversal puede influir en la variable endógena. Esta relación debe controlarse, por ello, el EF elimina el efecto de las características invariables en el tiempo de las variables resultado, para que pueda observarse el efecto neto de los predictores (Gujarati, 2006).

En esencia, el estimador de EF o intragrupos hace explícita la dependencia del coeficiente β_0 / β , respecto al individuo i . El resto de elasticidades beta se intuyen constantes en un periodo de tiempo, para todo i . Dicho modelo permite captar las variaciones en la muestra, que vienen provocadas por la presencia de diferentes unidades individuales con la inclusión de $n-1$ variable dicotómicas o *dummy*.

La estructura básica de los modelos de EF puede especificarse de la siguiente manera (Wooldridge, 2002):

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$i = 1, \dots, n \quad [4.26]$$
$$t = 1, \dots, T$$

puede observarse como existe una variable explicativa que varía tanto entre individuos como en el tiempo, X_{it} . Donde,

$$\alpha_i = \alpha + W_{ii} \quad [4.27]$$

Así, reemplazando en [4.26] queda:

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{it} + W_i + \varepsilon_{it} \quad [4.28]$$

En la ecuación [4.28] refleja el modelo de regresión por EF, en donde $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ son tratados como parámetros desconocidos que deben ser estimados. Esta nueva ecuación sugiere que el efecto inobservable ha desaparecido. El término de error ahora se descompone en dos partes ($v_{it} = w_i + \varepsilon_{it}$): una fija constante para cada individuo (w_i) y otra aleatoria que cumple con los requisitos para la estimación MCO del modelo (ε_{it}). Para realizar la estimación se introduce una *dummy* por cada individuo y se estima por MCO. “Un estimador de MCO combinados que se basa en las variables con el tiempo deducido se llama estimador de efectos fijos o estimador intragrupal (within)”⁴².

Uno de los principales problemas de este método viene determinado por la observación de algunas variables explicativas que son constantes en el tiempo. Por tanto, no podrá estimarse separadamente un coeficiente para esta variable, ya que todos los efectos quedan capturados por el EF.

Para el caso de la estimación de la PTF, tanto la estimación por el MCO como el método EF generan distorsiones en los parámetros que conducen a resultados poco fiables. Publicaciones recientes fundamentadas en los trabajos de Olley y Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (2003) exponen cierta evidencia en la relación entre inputs y factores de producción con la productividad. De tal forma que los estimadores obtenidos por MCO y EF, se encuentran sesgados debido a la endogeneidad de la especificación, ya que la producción solo la

⁴² Wooldridge, J.M. (2006). “Introducción a la Econometría. Un enfoque moderno”, Ed. Thomson Paraninfo, pp.482.

conoce la empresa pero no el investigador, por tanto, la elección de contratación de factores queda afectada.

4.2.1.3. Efectos Aleatorios

El modelo de *Efectos Aleatorios* (EA) se utiliza cuando se supone que el efecto no observable no se encuentra correlacionado con ninguna de las variables explicativas.

Este modelo tiene la misma especificación que el de EF, con la principal diferencia que w_i , en lugar de ser un valor fijo para cada individuo y constante a lo largo del tiempo para cada uno de los individuos, es una variable aleatoria con un valor medio w_i y una varianza determinada diferente de cero.

Según Wooldridge (2002) el modelo de EA se define como:

$$y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + w_i + \varepsilon_{it} \quad [4.29]$$

Donde ε_{it} es el término de error aleatorio del modelo. w_i es la perturbación aleatoria que permite distinguir el efecto de cada individuo en el panel. Donde w_i no está correlacionada con la variable explicativa en todos los períodos de la muestra.

$$\begin{aligned} Cov(x_{it}, w_i) &= 0 \\ i &= 1, \dots, n \\ t &= 1, \dots, T \end{aligned} \quad [4.30]$$

La estimación de los parámetros β se realiza por medio de los EA, se debe tener en cuenta que w_i no se correlaciona con las variables explicativas.

La principal diferencia con el modelo especificado mediante EF es la eficiencia de los estimadores aunque tiene una consistencia menor que

los EF. En otras palabras, la estimación del parámetro es más exacta pero puede hallarse más sesgado.

Una de las principales diferencias entre el modelo de EF y EA es que el intervalo de confianza que se obtiene en el modelo de EA es más amplio con respecto al modelo de EF con los mismos datos.

4.2.2. Antecedentes de medición de productividad: El caso español

En esta sección presentamos un repaso a los trabajos más importantes sobre la productividad empresarial en España. La aproximación que proponemos en esta sección tiene las siguientes características:

- a. Repaso de las diferentes metodologías utilizadas en la estimación de la productividad.
- b. Los sectores económicos tratados.
- c. Las principales conclusiones extraídas de cada una de las investigaciones.

El Cuadro 4.2 muestra un resumen de los trabajos tanto teóricos como empíricos que desde una perspectiva macroeconómica como microeconómica se han realizado en España sobre la productividad.

Cuadro 4.2. *Resumen de los trabajos sobre productividad en España*

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Grandón y Rodríguez Romero (1991)	1975-1981	Estimar cuál es la contribución del capital tecnológico, producto de la investigación e importación de tecnología, en el incremento de la productividad. Datos: Encuesta a las Grandes Empresas Industriales (GEI) realizada por MINER. 53 empresas.	Función de producción Cobb-Douglas. Estimación MCO.	El capital tecnológico aporta una contribución directa sobre la evolución temporal de la productividad.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Martín (1992)	1978-1988	Se ha propuesto observar el crecimiento de la productividad de la industria manufacturera española. Datos: Encuesta Industrial. Datos de panel de 81 sectores manufactureros	Función de producción. Estimación mediante MCO y MGM.	La tasa media de incremento de la productividad del 2% anual. La mitad de este porcentaje tiene por el cambio de estructura productiva que provoca la substitución de algunas empresas salientes por otras nuevas.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Hernando y Vallés (1994)	1983-1989	Estudiar las diferencias en la productividad total de las empresas a causa de la estructura del mercado en el que se enmarcan, de su situación financiera y de la liberalización del mercado. Datos: Central de Balances del Banco de España (CBBE) de empresas industriales	Función de producción Cobb-Douglas. Estimación mediante MGM.	El crecimiento de la productividad está correlacionado con la cuota de mercado, con el ratio de concentración sectorial. La situación sectorial y la financiera afectan a la productividad de cada empresa por la disponibilidad de recursos internos destinados a nuevas inversiones.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Gumbau y Maudos (1996)	1980-1991	Estimación de la PTF base agregada por sectores y por regiones con EF. Datos: Serie Homogénea de la Contabilidad Regional del INE y las series de capital privado viene determinada por Mas <i>et al.</i> (1995) publicada por la Fundación BBV.	Función de producción Cobb-Douglas. Estimación mediante Máxima Verosimilitud.	El cambio técnico es uno de los elementos clave en el crecimiento de la productividad, especialmente en el sector de la construcción y energético, no siendo importante para el sector servicios. No hay ninguna región con crecimiento importante en todos los sectores.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Maudos, Pastor y Serrano (1998)	1964-1991	Estudian la convergencia en PTF de las regiones españolas. Datos: Fundación BBV.	Índice de Malmquist por DEA. Estimación mediante MCO	El crecimiento medio anual de las regiones españolas es del 2.25% de la productividad.
Ruano (1999)	1990-1997	Realiza un análisis empírico sobre la evolución de la productividad en la industria manufacturera española. Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE).	Índice de extensión del PTF multilateral propuesto por Caves, Christensen y Diewert (1982).	Existen ciertas diferencias entre empresas: las que se mantienen activas presentan una mayor productividad que las entrantes y salientes. Estas últimas tienen niveles de productividad ligeramente por debajo de las entrantes.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Delgado, Fariñas y Ruano (2002)	1991-1996	Realizan un análisis de la PTF en relación con la posición internacional (exportación / no exportación). En base a dos hipótesis: - Selección mercado. - Aprendizaje. Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE).	Utilizan el test no paramétrico del índice Multilateral de PTF Caves <i>et al.</i> (1992), donde hacen un índice parecido al de Good <i>et al.</i> (1996).	Las empresas exportadoras tienen mayor productividad que aquellas que no lo hacen. Se apoya la hipótesis <i>self-selection</i> .

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Castellani y Zanefi (2002)	1993-1997	Impacto de la presencia de la empresa extranjera en la productividad de las empresas domésticas. Datos: ELIOS (<i>European Linkages and International Ownership Structure</i>) y AMADEUS. Panel de datos no balanceado de empresas manufactureras de Francia, Italia y España.	Función de producción Cobb-Douglas. Estimación mediante MCO.	En las empresas italianas, se observa que las externalidades son positivas y significativas; mientras que no lo son tanto en las empresas españolas y francesas.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Álvarez Pinilla y Orea Sánchez (2003)	1980-1995	Cálculo de la PTF base agregada por regiones. Datos: Datos de panel CC.AA, INE e IVIE.	Función de Cobb-Douglas. Estimación mediante Máxima Verosimilitud.	Se concluye que realizando la estimación por MV todas las CC.AA han incrementado su PTF en el período estudiado.
Huergo y Jaumandreu (2004)	1990-1998	Analiza los conceptos por años de la relación entre la innovación en la empresa con respecto al crecimiento de la productividad. Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE). Panel de datos no balanceado para 2.300 empresas manufactureras.	Modelo semi-paramétricos con MCO y Nadaraya-Watson (Wand y Jones, 1995).	El crecimiento de la productividad de las empresas entrantes tiende a converger con la variable productividad de las empresas ya existentes.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Fariñas y Ruano (2005)	1990-1997	Estimación de la PTF. Analizan las distribuciones de productividad entre empresas manufactureras. Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE).	Modelo de Hopenhayn (1992). Número índice multifactorial.	El conjunto de empresas manufactureras ya establecidas tienen una productividad mayor que las salientes y entrantes del mismo periodo. Concretamente, del 9% más que las salientes. Mientras que las empresas entrantes en el mercado incrementan su productividad a mayor velocidad.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Estrada, Pons y Vallés (2005)	1995-2004	Convergencia del nivel de PTF español comparativa con el resto de Europa. Nivel agregado	Función de producción Cobb-Douglas.	España presenta una productividad mayor que el resto de la UE-25 en los años 90. En los últimos años ha pasado a ser menos eficiente que el promedio de esta área geográfica (en casi el 4%).
Mas y Quesada (2006)	1985-2004	Se cuantifica el comportamiento de la productividad del trabajo -resaltando el papel de las TIC. Agregada a nivel sectorial (excluyendo el sector agrario). Datos: Fundación BBVA.	Método de la contabilidad del crecimiento (Griliches, 1967).	La economía es ineficiente. Este hecho queda contrastado por la contribución de la PTF en el crecimiento de la productividad.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Rodríguez Fernández y Maté García (2006)	1993-1999	Relacionar el crecimiento de la productividad del trabajo y la inversión en I + D. Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE). Sector manufacturero con microdatos panel de datos no balanceado.	Función de producción Cobb-Douglas. Estimación Método Generalizado de los Momentos (MGM).	El resultado de la inversión tecnológica es más óptimo en las empresas que invierten en I+D de forma regular.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Ornaghi (2006)	1990-1999	Se propone una aproximación el impacto de los <i>spillovers</i> en la productividad. Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE). Panel de datos no balanceado para más de 2.000 empresas manufactureras	Método Generalizado de los Momentos (MGM).	Las externalidades tecnológicas afectan al crecimiento de la productividad de las empresas. Las innovaciones de producto tienen una mayor relevancia que las de proceso, tanto en magnitud como en omnipresencia.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
López García, Puente y Gómez (2007)	1996-2003	Cálculo de la productividad laboral. Datos: Demografía Empresarial a partir de los Balances de Empresas (DIRCE) del Instituto Nacional de Estadística (INE).	Productividad Laboral.	El principal factor de crecimiento de la productividad en el conjunto empresarial español, es el aumento de la producción por parte de las empresas ya establecidas. En cambio, el impacto de las empresas entrantes en el mercado resulta negativo para la suma total del período.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Castany, López-Bazo y Moreno (2007)	1994,1998 y 2002	Si la diferencia entre la PTF entre empresas pequeñas y grandes está determinada por la innovación y el empleo de trabajadores cualificados. Datos: ESEE.	Para la estimación de la PTF se utiliza el índice multilateral de Good <i>et al.</i> (1996).	Relación positiva entre la inversión en innovación y una mejor cualificación del personal con un aumento en la productividad. Lo que incrementa las diferencias entre compañías.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Fariñas y Martín-Marcos (2007)	1990-1999	Diferencias entre empresas exportadoras y no exportadoras. También se miden las diferencias de la PTF como factor de heterogeneidad. Y por último, se analizan las hipótesis de <i>self-selection</i> y <i>learning-by-exporting</i> . Datos: ESEE, mediante un panel de datos no balanceado con 3.151 empresas manufactureras.	Función de producción Cobb-Douglas con estimación MGM y MCO.	Las empresas que exportan tienen mayor dimensión, salario, productividad e invierten más en innovación que las no exportadoras. Se confirma la hipótesis <i>self-selection</i> .

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Cassiman y Martínez-Ros (2007)	1990-1999	<p>Si la decisión de exportación de las empresas está determinada por un mayor y mejor rendimiento y por una mayor productividad. Además de analizar si la decisión de exportar está determinada por la actividad innovadora de la empresa-</p> <p>Datos: ESEE. Panel balanceado y no balanceado, 8.100 empresas manufactureras.</p>	Modelo PROBIT.	La innovación de productos frente a la innovación de procesos afecta a la productividad de la empresa, que a su vez induce a las empresas a exportar

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Esteve-Pérez, Mañez-Castillejo y Sanchis-Llopis (2007)	1990– 2002	Testar la hipótesis “ <i>survival-by-exporting</i> ” en las pequeñas y medianas empresas. Datos: ESEE.	Modelos Hazard	La principal conclusión hace referencia a que la postura de exportación en cuanto a las PYMES tienen una probabilidad significativamente menor de fracaso que las no exportadoras.
Escribano y Stucchi (2008)	1999-2005	Estimación de la PTF para 3.759 empresas manufactureras Datos: Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE).	Función de producción Cobb-Douglas.	Las empresas coinciden en algunos puntos de la PTF cuando se enmarcan en situación de recesión, aunque la dispersión es mayor en épocas expansivas. Mayor innovación en situación expansiva incrementa la diferencia de productividades.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Mas, Milana y Serrano (2008)	1980-2005	Comparativa de la PTF entre España e Italia a nivel agregado, Datos: EU KLEMS.	Calculan la productividad laboral medida como el ratio entre valor añadido por horas trabajadas.	El rendimiento de la producción se entiende como el factor que impulsa la convergencia.
Felgueroso y Jiménez-Martín (2009)	Mediados noventa hasta 2007	Comparativa de la productividad española versus la UE-15. Cálculo a nivel agregado no a nivel microdatos. Datos: <i>European Labour Force Survey</i> (Eurostat).	PTF y nivel de empleados	Los países de la UE15 con una PTF con mayor incremento son quienes adoptan más rápidamente las nuevas tecnologías. Al igual que los que tienen una tasa de empleo más alta.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
De la Fuente y Doménech (2009)	1960-2005	Estudio de la evolución de la productividad y comparativo español con la OCDE21. Datos: Eurostat y OCDE21.	Función de producción Cobb-Douglas.	En las últimas dos décadas, pérdida de eficiencia en la economía española. Resaltando el descenso de la PTF en términos absolutos entre 1990 y 2007.
Marrocu, Paci y Pontis (2009)	2002-2006	El papel del capital intangible sobre la productividad, así como el peso de los inputs tradicionales. Datos: AMADEUS. Panel de datos no balanceado de 160.000 empresas de 6 países: Francia, Italia, Holanda, España, Suecia y Reino Unido.	Función de producción Cobb-Douglas, con una estimación mediante: MCO, Variables Instrumentales y Olley y Pakes.	Influencia positiva del capital intangible sobre la productividad y de los activos intangibles sobre el ámbito regional. Importancia de usar políticas fiscales para la acumulación de capital intangible. También influye positivamente la creación de un entorno favorable basado dotaciones de capital tecnológico, social y humano.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Caldera (2010)	1991-2002	Relación entre innovación y el comportamiento exportador de la empresa. Datos: ESEE, panel con un total de 21.949 empresas.	Función de producción Cobb-Douglas, con una estimación mediante: Olley y Pakes y MCO.	La innovación influye positivamente sobre la probabilidad de las empresas en la participación en el mercado exterior.
Damijan y Kostevc (2010)	1991-1999	Relación de aprendizaje entre productividad y exportación. Datos: ESEE con un total de 16.649 empresas manufactureras.	Modelo de Melitz (2003), donde las empresas son monopolísticas en sus variedades de productos y en su función de tecnología.	Cuando las empresas se internacionalizan, mejoran su PTF gracias al aprendizaje.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Cassiman, Golovko y Martínez-Ros (2010)	1990-1998	Relación entre la productividad de las empresas y las exportaciones, con la innovación como factor decisivo. Datos: ESEE. Panel no balanceado con un total de 1.478 empresas para el 1990 y 1.256 empresas para el 1998.	Índice multilateral desarrollado por Caves et al. (1982) y extendido por Good <i>et al.</i> (1997). Y se realiza una comparativa mediante el test Kolmogorov-Smirnov.	Fuerte relación entre la innovación y la productividad, lo que impulsa a las empresas exportar.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Alonso Borrego (2010)	1983-2006	Estimación de la PTF para 97.000 observaciones a nivel microdatos sesgado hacia grandes empresas. Datos: Balances del Banco de España.	Función de producción Cobb-Douglas. Estimación: MCO, MMG y Olley y Pakes.	Baja probabilidad de que la productividad de una empresa, en términos relativos, disminuya una vez alcanza niveles elevados.
Fernández de Guevara (2011)	2000-2010	Calculan la productividad de las empresas manufactureras (CNAE-93 Rev.1). Panel data no balanceado con 600.000 empresas. Datos: SABI.	Productividad laboral y multifactorial. Dispersión de la productividad a partir del índice de Theil.	La evolución de la productividad de la economía española no es muy elevada en periodos expansivos ni mejora a lo largo del contexto regresivo. Relacionan un mayor tamaño empresarial a una mayor productividad.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Holl (2012)	1997-2005	<p>Analizar si existe una relación entre productividad y localización.</p> <p>Datos: panel no balanceado de 82.066 empresas manufactureras.</p>	<p>Función de producción Cobb-Douglas. Se estiman mediante Efectos Fijos y MCO.</p>	<p>Existe una relación positiva y significativa entre la producción y la densidad de población y el potencial de mercado. Por otro lado, la productividad de las empresas es mayor en las áreas urbanas. Una segunda conclusión indica que en los municipios fuera de las áreas urbanas, la asociación estadística en sección cruzada entre el potencial de mercado y la productividad parece mayor.</p>

Fuente: Elaboración propia

La principal conclusión extraída del cuadro anterior es que la gran mayoría de trabajos analizados realizan la estimación de la productividad para niveles sectoriales o agregados (Mas, 2006; Mas y Quesada, 2006). A diferencia de lo que se propone en la presente tesis, donde se analiza la PTF a nivel empresarial.

Cabe matizar, que la principal base de datos utilizada en los estudios empíricos aquí planteados es la Encuesta Sobre Estrategias Empresariales (ESEE) del Ministerio de Industria y Energía (Beneito, 2001; Esteve-Pérez *et al.* 2007), mientras que otras bases de datos son AMADEUS (Marrocu *et al.* 2009) y la Encuesta a las Grandes Empresas Industriales realizada por el Ministerio de Industria y Energía (MINER)⁴³ (Grandón y Rodríguez Romero, 1991).

Para la estimación de la productividad se utilizan, básicamente dos: la función de producción Cobb-Douglas y la función Translogaritmica.

En la revisión bibliográfica se cuenta con varias estimaciones de función de producción de manera agregada para la economía nacional (Segura, 1969, 1973; Segura y Martín, 1989; Bajo y Sosvilla-Rivero, 1995; Alonso, 2005). No obstante, cabe destacar que a nivel regional son menores los estudios encontrados (Mas *et al.* 1994; Cuadrado y García, 1995; Serrano, 2000; Escribá y Murgui, 2001). Para el caso macroeconómico a nivel país, encontramos el estudio de Más y Pérez (1990) que estudian la evolución de la PTF en España en el periodo 1964-1987.

Por otro lado, la estimación de los parámetros se realiza mediante modelos como el de MCO (Caldera, 2010) o bien el MGM (Fariñas y Martín-Marcos, 2007). Aunque también se encuentran modelos no paramétricos como los números índice para la estimación de la productividad empresarial (Castany *et al.* 2007).

⁴³ Para más información ver Jaumandreu y Mato (1985).

Asimismo, se constata la existencia de una relación entre la variable productividad con respecto a la internacionalización de las firmas españolas. No obstante, puede observarse que solo los trabajos de Delgado *et al.* (2002), Esteve-Pérez *et al.* (2007), Cassiman y Martínez-Ros (2007), Fariñas y Martín-Marcos (2007), Caldera (2010), Cassiman *et al.* (2010) relacionan ambas variables, pero exclusivamente desde una vertiente de exportación, sin tener en cuenta otras alternativas, como por ejemplo, la inversión.

4.3. Modelo de Eficiencia Técnica

Para desarrollar el modelo de Eficiencia Técnica (ET), primero definimos el concepto entendiéndolo como una noción tecnológica que hace referencia a la idea de evitar el despilfarro de recursos en el proceso productivo. Asimismo, la estimación del modelo de ET puede realizarse mediante el tipo de aproximación no paramétrica.

La metodología desarrollada en este trabajo consiste en el uso del Análisis Envolvente de Datos (DEA) (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978), sus propiedades permiten considerar de manera conjunta las variables con distintas dimensiones físicas que caracterizan la distribución del sector global y, al mismo tiempo de los individuos de la muestra de manera independiente.

4.3.1. Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El análisis DEA permite la comparación de la eficiencia sin el conocimiento de la función de producción, es decir, sin la necesidad de conocer la relación existente entre outputs e inputs.

Asumiendo que existen n individuos, cada uno con m entradas y s salidas el resultado de la eficiencia relativa se obtiene solventando el modelo propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) (CCR, en adelante), el cual asume rendimientos constantes de escala (CRS). A

continuación dividimos el modelo en tres modelos: modelo Ratio, CCR-input y CCR-output.

4.3.1.1. Modelo Ratio

El modelo DEA permite que cada una de las DMUs (*Decision Making Unit*) tenga la libertad de escoger los inputs y outputs que optimicen su eficiencia. Por tanto, cada DMU va a comparar su eficiencia con el resto del sector utilizando en cada comparación los inputs y outputs de la empresa referencia.

El modelo Ratio se expresa como:

$$\begin{aligned} \text{Max.} \quad & h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{i0}} \\ \text{S.a.:} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \\ & v_r, u_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad [4.31]$$

Donde $y_{rj}, x_{ij} \geq 0$ representan las cantidades r-ésima de outputs y en la i-ésima de inputs del individuo de la toma de decisión j . Las variables $v_r, u_i \geq 0$ son los factores ponderados que permiten obtener la medida escalar de eficiencia. Por último, la variable h_0 determina el resultado de la eficiencia, que satisface $0 \leq h_0 \leq 1$, donde $h_0 = 1$ indica el máximo de eficiencia y $h_0 \leq 1$ indica la ineficiencia de la empresa.

Así, el modelo consiste en la resolución de n problemas de maximización, o lo que es lo mismo determinar la máxima eficiencia de cada una de las DMUs objeto de estudio.

Por tanto, la DMU que cumpla con la siguiente condición será considerada eficiente respecto al conjunto definido,

$$\frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij}} = 1 \quad [4.32]$$

El principal problema que presenta este modelo Ratio es el hecho de que la función es un cociente, lo cual complica la resolución, ya que no es un problema lineal.

4.3.1.2. Modelo CCR-input

Para evitar las variadas soluciones que pueden obtenerse, el modelo de [4.31] puede convertirse en un programa lineal recurriendo a la siguiente transformación:

$$\sum_{i=1}^m u_i x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad [4.33]$$

Aplicando [4.33] a [4.31], se obtiene:

$$\begin{aligned}
 \text{Max.} \quad & h_0 = \sum_{r=1}^s v_r y_{r0} \\
 \text{S.a.:} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij}} \leq 0; \quad j = 1, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^m u_i x_{i0} = 1 \\
 & v_r, u_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{4.34}$$

Para obtener el resultado con respecto a la variable eficiencia la solución de [4.34] debe resolverse n veces. Aplicando esta solución se obtiene la maximización de la eficiencia cuando se maximiza los outputs. Si bien, no sólo se consigue que el valor de la función objetivo, sea la eficiencia de la DMU, sino que además se reduce el número de soluciones alternativas de inputs.

Si bien, la resolución de este modelo viene determinado por la utilización de las variables del dual del mismo. Su resolución se realiza en dos etapas.

En una primera etapa, se resuelve el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
 \text{Min.} \quad & \theta_j \\
 \text{S.a.:} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta_j x_{ij} & i = 1, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj} & r = 1, \dots, s \quad [4.35] \\
 & \lambda_j \geq 0 & j = 1, \dots, m \\
 & \theta_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

Con [4.35] permite comparar todas las empresas del sector con respecto a una combinación lineal de outputs e inputs, donde el parámetro θ indica esta relación.

Si bien la resolución del modelo θ_j se resuelve en la segunda etapa:

$$\begin{aligned}
 \text{Min.} \quad & - \left[\sum_{r=1}^n t_r + \sum_{i=1}^m s_i \right] \\
 \text{S.a.:} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_j x_{ij} - s_i & i = 1, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^n \lambda_j y_{rj} = y_{rj} + t_k & r = 1, \dots, s \quad [4.36] \\
 & \lambda_j \geq 0 & j = 1, \dots, m \\
 & s_i, t_r \geq 0 \forall i, k
 \end{aligned}$$

Así la resolución del problema dual permite determinar el resultado de θ_j , donde si este toma valor 1 indica que el modelo de programación no ha encontrado ninguna combinación de outputs e inputs con las que se produce exactamente o más que otro individuo. Si θ_j toma valor 0 las empresas son ineficientes. Donde λ_j muestra aquellas empresas implicadas en la construcción de la empresa compuesta o referencia.

4.3.1.3. Modelo CCR-output

Tal como puede observarse la solución [4.34] tiene una orientación de output, mientras que se mantiene fija la cantidad total de inputs –con la inclusión de [4.31]–. Si bien, si se quiere analizar el modelo DEA con orientación inputs se tiene que fijar la siguiente ecuación:

$$\sum_{r=1}^s v_r y_{rj} = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad [4.37]$$

En este caso el modelo queda especificado como:

$$\begin{aligned} \text{Min.} \quad & h_0 = \sum_{i=1}^m u_i x_{i0} \\ \text{S.a.:} \quad & \sum_{r=1}^s v_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_i x_{ij} \leq 0; \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m v_r y_{r0} = 1; \quad [4.38] \\ & v_r, u_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Las consideraciones son análogas al modelo expuesto en CCR-input. Si bien, ahora se construye el problema dual con respecto al CCR-output donde queda la expresión siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Max.} \quad & \gamma_j + \varepsilon \left[\sum_{r=1}^n t_r + \sum_{i=1}^m s_i \right] \\ \text{S.a.:} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{ij} - s_i \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ir} = \gamma_j y_{rj} - t_r \quad [4.39] \\ & \lambda_j, s_i, t_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \\ & \gamma_j \text{ libre} \end{aligned}$$

4.3.2. Antecedentes de medición de Eficiencia Técnica: El caso español

Diversos estudios en el ámbito internacional se han llevado a cabo para medir la eficiencia técnica. Se han utilizado diferentes técnicas de medición, tanto medidas paramétricas como no paramétricas. En España se han realizado hasta el momento pocos estudios de medición de la eficiencia técnica, por ello a continuación se describen algunos de los estudios que miden la eficiencia técnica, obteniendo el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. *Resumen de trabajos sobre eficiencia en España*

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Berges-Lobera, Maravall y Simarro (1986)	1982	8.500 empresas industriales europeas (390 españolas). Base de datos: Publicación de Dun y Bradstet (1984) <<Europe's 10.000 largest companies>>. Variables: Ventas, Activos y empleados.	Método: Farrell (1957).	Menor eficiencia técnica de la industria española en comparación con las europeas.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Prior (1990)	1955 1975 1981 1985	Base de datos: Banco Bilbao <<Renta Nacional de España y su Distribución provincial>>. Inputs: Trabajo y Capital. Análisis de la eficiencia a nivel de CC.AA.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	Algunas de la CC.AA tienden a tener mayores posibilidades potenciales de mejora de la productividad industrial.
Pastor, Pérez y Quesada (1997)	1992	Base de datos: IBCA. Se recogen datos de Bancos a nivel europeo. Variables: Préstamos, depósitos y otros activos. Gastos y personal.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	Francia, España y Bélgica son los países que tienen los bancos más eficientes, mientras que Reino Unido, Austria y Alemania son los que tienen una menor eficiencia.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Maudos, Pastor y Serrano (2000a)	1964-1993	Base de datos: Banco Bilbao-Vizcaya (BBVA) e Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE). Variables: Valor añadido, capital y trabajo.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	La información sectorial muestra diferencias en el grado de eficiencia con el que se utilizan los factores productivos siendo los más afectados los sectores agrícolas y el energético.
Maudos, Pastro y Serrano (2000b)	1964-1993	Base de datos: Banco Bilbao-Vizcaya (BBVA) e Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE). Variables: Valor añadido, capital y trabajo.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	Mayor beneficio en la composición de eficiencia técnica como consecuencia de cambios de la especialización productiva.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Kumbhakar, Lozano-Vivas, Lovell y Hasan (2001)	1986-1995	Impacto de la reforma regulatoria de los bancos españoles. Datos de panel.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	Los resultados empíricos muestran una disminución de los niveles de eficiencia técnica de salida junto con una tasa significativamente alta de los avances técnicos. A pesar de la disminución de la eficiencia técnica durante este período, se encuentra evidencia de una tendencia al alza en el crecimiento de la productividad.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Gumbau-Albert y Maudos (2002)	1991-1994	Base de datos: <i>Survey of Business Strategies</i> (SBE) del Ministerio de Industria y Energía. Se intenta identificar las variables que explican las diferencias de Eficiencia Técnica entre empresas de diferentes sectores.	Método: Frontera Estocástica.	La eficiencia incrementa con el tamaño empresarial y el mayor volumen de inversión realizado por la firma.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Gómez Sánchez (2005)	2000	Eficiencia de las universidades públicas españolas. Se seleccionan 47 universidades. Variables: Número de alumnos, publicaciones ponderadas en el año 2000.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	Las áreas más eficientes en cuanto al impacto en cuanto a las revistas ponderadas son las de Humanidades y las Ciencias Sociales.
Coll-Serrano y Blasco-Blasco (2007)	2003	Sector textil español. Base de datos: SABI. Muestra de 1.296 empresas.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	En la industria textil española es necesario mejorar de manera global la eficiencia y potenciar aspectos diferenciadores que protejan el sector.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Lambarraa, Serra y Gil (2007)	1999-2002	Base de datos: <i>Farm Accounting Data Network</i> (EU-FADN-DG <i>Agriculture and Rural Development G-3</i>). Se analiza el sector agrario español.	Método paramétrico: Frontera Estocástica.	Existe una correcta eficiencia técnica en el sector agrícola en las regiones españolas. Existen regiones como son Madrid y Cataluña que tienen mayor grado de eficiencia comparado con Andalucía.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Lambarraa <i>et al.</i> (2009)	1995-2003	Muestra: 2.474 empresas. Base de datos: <i>Farm Accountancy Data Network</i> (FADN). Índice de Precios: EUROSTAT (2006). Se analiza el sector agrario español.	Método paramétrico: Frontera Estocástica.	Los resultados muestran que la reforma llevada a cabo en España dentro del marco regulador de la Política Común Agraria ha desplazado la frontera de producción interna y cambió la composición del producto en favor de la retirada voluntaria de tierras.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
				<p>Con respecto a la composición de los inputs, la Agenda 2000 incitó a una disminución en la tierra, fertilizantes, pesticidas y otros insumos en favor del trabajo. Además, la Agenda 2000 ha tenido un impacto negativo en la eficiencia técnica.</p>

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Coll-Serrano y Blasco-Blasco (2009)	1995-2005	La industria Textil española. Base de datos: SABI. Panel de datos por un total de 11.033 observaciones.	Método paramétrico: Frontera Estocástica.	Se concluye la existencia de la definición de dos períodos claros. Una primera mitad el sector presenta valores elevados de eficiencia, mientras que en la segunda mitad, posiblemente como consecuencia de la liberalización del sector (1 de enero de 2005), aumenta la Ineficiencia, consecuencia de nuevo escenario competitivo.

Autor (año)	Período de estudio	Investigación y base de datos	Metodología	Conclusiones
Vasquéz-Rojas (2011)	2000-2008	Se selecciona la muestra y se agrupan las universidades con características similares: Técnica de Clúster. Muestra: 47 Universidades españolas. Variables seleccionadas: Personal Docente e Investigador a Tiempo Completo.	Método no paramétrico: Análisis Envolvente de Datos (DEA).	Las universidades españolas han mejorado parcialmente su eficiencia productiva en el período de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en el cuadro anterior, el enfoque económico sobre la medida de la ET se utiliza en la mayoría de trabajos la metodología no paramétrica del Análisis Envoltente de Datos.

Cabe destacar a su vez, que los estudios se han concentrado en el sector servicios: en los bancos (Pastor *et al.* 1997; Kumbhakar *et al.* 2001) y en las universidades (Gómez Sánchez, 2005; Vázquez-Rojas, 2011), y el sector agrario (Lambarra *et al.* 2007; Lambarra *et al.* 2009).

La base de datos SABI se utiliza a partir del año 2000 en los trabajos de Coll-Serrano y Blasco-Blasco (2007, 2009), pero es de uso minoritario en los trabajos de investigación actuales.

Cabe enfatizar que en ninguno de los trabajos resumidos anteriormente se tiene en cuenta la variable internacionalización –ya sea bien mediante la exportación o bien cualquiera de las dos opciones que se consideran en esta tesis: *Shareholders* o *Subsidiaries*.-

4.4. Modelo internacionalización

Esta sección plantea la definición de diferentes contrastes estadísticos que permiten confirmar o rechazar dos de las hipótesis planteadas en esta tesis doctoral. Es decir, la existencia de:

- a. *Self-selection*. Para ello se utilizaran las pruebas de:
 - Kolmogorov-Smirnov para dos muestras.
 - Epps-Singleton.
 - La suma de rangos de Wilcoxon-Mann-Whitney⁴⁴ de prueba⁴⁵.

⁴⁴ La prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney ha sido utilizada para el análisis de las diferencias entre grupos.

Estas pruebas permiten comprobar las diferencias existentes entre las funciones de distribución, las cuales se basan en el concepto de la dominancia estocástica de primer orden y, a su vez, permite establecer una clasificación para las distribuciones comparadas. O lo que es lo mismo, permite contrastar si la distribución de una variable X es igual en dos poblaciones, o bien si dicha variable tiende a ser mayor (o menor) en alguno de los dos grupos, basándose en los datos muestrales.

Se comparan las distribuciones de productividad de diferentes muestras de empresas, por ejemplo, exportadoras y no exportadoras. Por tanto, si las distribuciones de productividad de los exportadoras dominan estocásticamente a las distribuciones de productividad de las no exportadoras. Así, implica que las empresas exportadoras tienden a ser más productivas que las no exportadoras (Wagner, 2006).

- b. *Learnig-by-exporting*, para constatar esta hipótesis utilizaremos el modelo de regresión logística (LOGIT), el cual permite realizar la estimación de la relación entre una variable dicotómica dependiente con respecto a una o varias variables independientes.

4.4.1. Test de normalidad Kolmogorov-Smirnov

En la prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov se plantea la comparación de la función de distribución empírica de la muestra con la función de distribución que se propone para describir los datos, $F_0(x)$.

⁴⁵ Para una aplicación del test no paramétrico Epps-Singleton ver Groeg y Kaiser (2009), el cual afirman que es más potente que el test Kolmogorov-Smirnov para datos que provienen de poblaciones diferentes.

Así la hipótesis contrastada viene determinada por:

$$\begin{aligned} H_0: F(x) &= F_0(x) \\ H_1: F(x) &\neq F_0(x) \end{aligned} \quad [4.40]$$

El estadístico de contraste es;

$$D(x_1, \dots, x_n) = \sup_x |F_n^*(x) - F_0(x)| \quad [4.41]$$

Donde $F_n(x)$ es el estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que x_i , $F_n^*(x)$ es la función de distribución empírica de la muestra. $F_0(x)$ son aquellos valores que son menores o iguales que x_i cuando H_0 es cierta. Por último, D es la diferencia entre la frecuencia absoluta observada y la frecuencia acumulada observada (Delgado *et al.* 2002; Cassiman y Golovko, 2009).

Primero, se realiza la estimación de la variable productividad empresarial, que indica la variación anual por empresa de la variable. Una vez realizada la estimación se hace la comparativa con respecto a la internacionalización de la empresa.

Así, se define la variable internacionalización de los sujetos, donde se proponen las variables binarias exportación, *Shareholders*, *Subsidiaries*: donde toma valor 1 si la empresa internacionaliza, y 0 si no realiza actividad exterior.

Empezamos por la reproducción de la asociación positiva entre la productividad y la exportación (inversión directa extranjera) de nuestra muestra, mediante pruebas de la diferencia de productividad entre empresas exportadores (inversoras) y las empresas no exportadoras (inversoras). Se procede mediante la comparación de los niveles de productividad de la exportadora (inversoras) en comparación con las no exportadoras (inversoras) con el fin de demostrar que la actividad exportadora (inversoras) se correlaciona con la futura productividad de las empresas.

Por tanto, si se rechaza la hipótesis implica que las empresas exportadoras (inversora) tiene una distribución de la productividad que domina estocásticamente a la distribución de la productividad de las empresas no exportadoras (inversora).

4.4.2. Test para dos muestras de Epps-Singleton

El test estadístico de Epps-Singleton (1986) se utiliza para dos muestras aleatorias. Dicha prueba es no paramétrica y es un buen instrumento estadístico que se basa en la diferencia entre las funciones características de las dos muestras que se comparan.

La prueba de Epps-Singleton constata aquellos grupos que tienen la misma media y distribución. Esta distribución hace a la diferencia entre las funciones características de las dos muestras que se comparan, que concibe referencia a la productividad y la internacionalización.

En lugar de una prueba para diferencias en las medias (o medias condicionadas), estas pruebas permiten comparar para cualquier diferencia en la forma de la distribución.

La hipótesis nula se plantea como,

$$H_0: \phi_1(t) = \phi_2(t), \text{ con } -\infty < t < \infty$$

$$H_0: \phi_1(t) \neq \phi_2(t), \text{ con } -\infty < t < \infty \quad [4.42]$$

La función $\phi_t(t)$ viene definida por,

$$\phi_t(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{ix} dF_{nk}(x) = n_k^{-1} \sum_{m=1}^n e^{itxkm} \quad [4.43]$$

Como en el caso del test de Kolmogorov-Smirnov se afirma que si se rechaza la hipótesis conlleva que las empresas exportadoras (inversora) tienen una distribución de la productividad dominante

estocásticamente con respecto a la distribución de la productividad de las empresas no exportadoras (inversora).

Una ventaja que tiene el test de Epps-Singleton con respecto a las otras dos alternativas propuestas es que no requiere que las distribuciones sean continuas.

4.4.3. Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney

El test estadístico de Wilcoxon-Mann-Whitney permite comprobar si existe heterogeneidad u homogeneidad en la muestra. La idea intuitiva para la prueba es la existencia de dos grupos o muestras.

La hipótesis que se constata en la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney viene determinada por,

$$\begin{aligned} H_0 &= \text{las medianas de las dos muestras son idénticas} \\ H_1 &= \text{se rechaza la hipótesis nula} \end{aligned} \quad [4.44]$$

El procedimiento parte de la consideración de dos muestras aleatorias independientes, las cuales se definen como X_1, X_2, \dots, X_n y una segunda muestra Y_1, Y_2, \dots, Y_n . Las observaciones de la muestra, por tanto, vienen determinadas como x_i e y_j donde $i = 1, 2, \dots, N$ y $j = 1, 2, \dots, M$, con unos rangos definidos por $R(x_i)$ y $R(y_j)$. Así, el estadístico que permite rechazar o no la hipótesis nula se define como,

$$S = \sum_{i=1} R(x_i) \quad [4.45]$$

Se asume que la hipótesis nula es cierta cuando:

$$\begin{aligned} x_s = E[S] &= \frac{m(m+n+1)}{2} \\ \sigma_s = Var(S) &= \frac{m n (m+n+1)}{2} \end{aligned} \quad [4.46]$$

La hipótesis nula de ubicación similar se rechaza, y la hipótesis alternativa de ubicación distinta se acepta para $P < \alpha = 0,05$ ⁴⁶. Por tanto, las empresas exportadoras (inversoras) tienen una dominancia estocástica con respecto a la productividad de las empresas no exportadoras (inversoras).

4.4.4. Regresión logística

Estos modelos de regresión con variable endógena categórica suelen emplearse para explicar la decisión Y que toma un individuo -de entre un número limitado de posibles opciones- a partir de un conjunto de variables explicativas X_1, X_2, \dots, X_k y de un término de error, u (González Camba y Guerrero Lóor, 2009).

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k, u) \quad [4.47]$$

Por tanto, al ser una variable binaria siempre cumple que:

$$E(Y) = 0 \cdot P(Y=0) + 1 \cdot P(Y=1) = P(Y=1) \quad [4.48]$$

Por tanto, la expresión que quedará expresa que la variable dependiente binaria Y determina la probabilidad de “éxito” más un término de perturbación,

$$Y = P(Y=1) + u = E[Y] + u \quad [4.49]$$

En un modelo LOGIT el valor observado de la variable endógena ($Y_i = 1$ o $Y_i = 0$) es habitual pensarlo como el resultado de una elección basada en una variable latente. Esta variable debe reflejar las preferencias del individuo para la opción A ($Y_i = 1$) o la opción contraria ($Y_i = 0$) en función de sus propias características (las

⁴⁶ Donde P denota el valor de probabilidad observada y denota el nivel de significación seleccionado.

variables explicativas). Así, la expresión de la variable latente será la siguiente

$$Y_i^* = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i \quad [4.50]$$

donde u_i es un término de perturbación que sigue una ley Logística y que recoge las preferencias del individuo no atribuibles a las variables explicativas.

La variable latente no es observable ya que el término de perturbación tampoco lo es, depende de las características del individuo y determina la elección del individuo según el siguiente criterio:

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } Y_i^* > 0 \\ 0 & \text{si } Y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad [4.51]$$

En esta situación,

$$\begin{aligned} p_i &= P(Y_i = 1) = P(Y_i^* > 0) = \{Y_i^* = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_i\} = \\ &= P(u_i > -\beta_1 - \beta_2 x_{2i} - \dots - \beta_k x_{ki}) \end{aligned} \quad [4.52]$$

Tal que la ley logística es simétrica⁴⁷,

$$\begin{aligned} p_i &= P(u_i \leq \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki}) = \Lambda(\beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki}) = \\ &= \frac{\exp(\beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki})}{1 + \exp(\beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki})} = \frac{1}{1 + \exp(-\beta_1 - \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki})} \end{aligned} \quad [4.53]$$

Es decir, el desarrollo basado en la variable latente permite obtener el modelo LOGIT que relaciona la probabilidad de escoger la opción A en función de las características del individuo.

⁴⁷ Una variable aleatoria sigue una ley simétrica cuando $1 - F(-x) = P(X > -x) = P(X \leq x) = F(x)$.

Para la corroborar la hipótesis sobre la relación existente entre la PTF y la posición internacional de la empresa usamos el método utilizado por Mok *et al.* (2010) adaptado a nuestros datos. Por tanto, se especifica la ecuación dada por:

$$PTF_{it} = \beta_0 + \beta_1 Export_{it} \quad [4.54]$$

Donde PTF es la variable dependiente, $i = 1, \dots, I$ empresas, para el período $t = 2007, \dots, 2011$. Así, β_0 es un vector de interceptor de n parámetros y β_1 es un vector de k parámetros, y $Export$ es el logaritmo natural de la variable exportación. Por último, el efecto de la variable explicativa sobre la variable dependiente puede evaluarse utilizando la prueba de Hosmer y Lemeshow (1989) en una muestra datos de panel.

4.5. La base de datos

4.5.1. Introducción

Uno de los mayores inconvenientes que debe afrontar el investigador cuando se plantea llevar a cabo un estudio de carácter empírico, a fin de contrastar las hipótesis establecidas, es el acceso a los datos necesarios.

Los datos utilizados en la presente tesis han sido obtenidos mediante la explotación de la base de datos SABI y AMADEUS, editada por Bureau Van Dijk Electronic Publishing (BvD).

Este epígrafe se estructura como sigue. En el apartado 4.5.2. se realiza una breve descripción de la base de datos utilizada para extraer los datos de las variables input y output empleadas en la constatación de la hipótesis planteada. A continuación, en el apartado 4.5.3. se definen las principales características de las base de datos SABI.

La búsqueda de la mayor heterogeneidad posible entre las potenciales empresas objeto de estudio lleva a considerar la posición internacional de las empresas del sector químico español, para ello se utiliza la base de datos AMADEUS. En el apartado 4.5.4. se analiza la representatividad de esta base de datos.

En el apartado 4.5.5. se pone de relieve la validez de la selección conjunta de los individuos que formaran la base de datos objeto de estudio una vez analizadas conjuntamente SABI y AMADEUS. Por último, en el apartado 4.5.6 se definen las principales variables utilizadas en esta investigación.

4.5.2. La base de datos: principales características

Hasta hace relativamente poco tiempo, las únicas fuentes de datos sobre el número de empresas y centros de trabajo en España, eran la base de datos de la Seguridad Social, o la Encuesta Industrial y la Encuesta de Población Activa (EPA). No obstante, ninguna de estas bases de datos está diseñada como fuente de micro-datos de empresas.

A partir del año 1996, el Instituto Nacional de Estadística (ine) elabora anualmente el DIRCE (Directorio Central de Empresas), que facilita el acceso a datos sobre el tejido empresarial español, mediante el cruce de información entre la Seguridad Social y el Ministerio de Economía y Hacienda. El DIRCE ofrece datos de identificación, localización, distribución territorial, clasificaciones por tamaño (según número de asalariados) y actividad económica de las empresas españolas.

En los últimos años han aparecido nuevas bases de datos que permiten trabajar a nivel empresarial; es el caso de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)⁴⁸ (Fariñas y Jaumandreu, 1999), del Sistema de

⁴⁸ ESEE es ampliamente utilizada en las investigaciones sobre la estimación de productividad empresarial (ver p. 166).

Análisis de Balances Ibéricos (SABI)⁴⁹ o de la *Analyse Major Data bases from European Sources* (AMADEUS)⁵⁰.

La información obtenida tanto de SABI como de AMADEUS es muy amplia y proporciona información con carácter anual para una muestra representativa de las empresas industriales manufactureras españolas.

Asimismo, permite un estudio analítico del comportamiento de las empresas desde múltiples perspectivas. Ésto es debido a que muestra variables que hacen referencia a los resultados de la gestión empresarial: la cifra de ventas, donde se incluyen los ingresos por importe neto de cifra de negocio, o bien el valor añadido.

Se destacan los resultados de explotación, resultados financieros, de actividades tanto ordinarias como extraordinarios. Los resúmenes extraídos de SABI y AMADEUS también contienen un análisis detallado de:

- Ratios de rentabilidad económica y financiera.
- Ratios referentes a: fondo de maniobra, tesorería, ratio de equilibrio, entre otros.

⁴⁹ SABI es resultado de la colaboración de tres instituciones privadas, Informa D&B, que es responsable de la base de datos de las empresas españolas, CofaceServiços Portugal, S.A, responsable de la base de datos de empresas portuguesas y por último Bureau van Dijk, responsable del software de búsqueda, tratamiento y análisis de datos. SABI contiene información general y cuentas anuales de más de 1.000.000 de empresas españolas y 320.000 empresas portuguesas.

⁵⁰ AMADEUS contiene información económica y financiera de más de 19 millones de empresas públicas y privadas europeas, y cuenta con un programa de análisis financiero para hacer comparativas y generar análisis estadísticos y sectoriales con gráficos. Donde también pueden encontrarse, por ejemplo, datos de estados financieros, ratios, acciones, empresas filiales, clasificaciones de actividades, su capital, sus exportaciones, sus activos, entre otros.

- Ratios cinéticas (rotaciones y períodos de maduración) (Rodríguez López, 2001).

Las bases de datos SABI y AMADEUS permiten obtener múltiples niveles de desagregación para las variables, lo que permite realizar múltiples investigaciones. Estos niveles de división pueden ser, por ejemplo, a nivel territorial, donde pueden diferenciarse los microdatos a nivel de comarcas, provincias, e incluso, municipios, clasificándolos en base al código postal de las empresas.

Del mismo modo, puede conocerse con precisión el sector y el sub-sector de actividad de las empresas, debido a que puede verse el código de clasificación de CNAE a tres dígitos. Por último, se detalla el número de trabajadores y de facturación de cada empresa, lo cual permite definir el tamaño de la misma.

4.5.3. La base de datos utilizada y sus principales características

Tal como se ha destacado en el epígrafe anterior, la base de datos DIRCE recoge el total de empresas activas de la economía española de los sectores:

- Industria (incluido el sector energético).
- Construcción.
- Servicios.

Como los datos con los que se trabaja en esta tesis doctoral provienen de las bases de datos SABI y AMADEUS, es necesario analizar su representatividad. Para ello se realiza una comparativa con respecto al DIRCE. Consiguientemente, se realiza un análisis comparativo de la información obtenida en DIRCE y SABI – AMADEUS para el año 2011.

Los datos resumidos en el Cuadro 4.4 ponen de relieve el nivel de cobertura de SABI con respecto a la tipología de empresa valorada en base al tamaño empresarial.

En este caso, se definen cuatro agrupaciones de empresas (microempresa, pequeña, mediana y gran empresa) tomando como criterio únicamente el número de empleados. Debe destacarse que dichas agrupaciones se han ajustado a la recomendación de la Comunidad Europea del 6 de Mayo de 2003 (DOC (2003) 1422). Con el objetivo de homogeneizar los estándares de la Unión Europea se seleccionan:

- Microempresas (0-9 asalariados).
- Pequeña empresa (10-49 asalariados).
- Mediana empresa (50-199 asalariados).
- Gran empresa (a partir de 250 asalariados).

En lo que se refiere al número total de empresas existentes, SABI capturaría aproximadamente un 10.33%. Por otro lado, se destaca el bajo nivel de cobertura del segmento de las microempresas, donde tiene una cobertura del 0.31% sobre el DIRCE. No obstante, si se escoge el total de PyMEs SABI tiene una cobertura del 26.45%. Finalmente, la tipología de empresas que mejor representación tiene son las correspondientes a las grandes empresas, con un total del 93.75%.

La relevancia de dichas cifras indica que la muestra SABI puede ser considerada suficientemente representativa de la población de empresas del sector químico español.

Cuadro 4.4. *Número de empresas: Cobertura de SABI por tamaño empresarial (Año 2011)*

	SABI	DIRCE	SABI/DIRCE
	Nº empresas	Nº empresas	Nº empresas
Micro empresa (0-9)	8	2551	0.31
Pequeña empresa (10-49)	116	912	12.72
Mediana empresa (50-199)	194	260	74.62
Gran empresa (+199)	75	80	93.75
PYMES (2 + 3)	310	1172	26.45
Total sin microempresas (2 + 3 + 4)	385	1252	30.75
Total (1 + 2 + 3 + 4)	393	3803	10.33

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, SABI permite extraer los datos necesarios para las muestras deseadas, y también amplía de manera considerable los aspectos que engloban la pequeña y mediana empresa (PyMEs) y las grandes empresas que pueden ser sometidas a investigación. Permitiendo así obtener información sobre todas y cada una de las variables destinadas a la estimación de la PTF o la eficiencia empresarial. Éstas pueden ser el importe neto de cifra de negocios, el coste de personal, entre otras partidas incluidas en el balance y la cuenta de resultados de una empresa.

Históricamente, la economía española siempre se ha destacado por la existencia de un importante volumen de pequeñas y medianas empresas (PyMEs), obteniendo un papel muy significativo en el global de la economía nacional (Casimón y de Lucio Fernández, 2010).

En el sector químico la relación sigue siendo importante, ya que las PyMEs constituyen el grupo mayoritario. Según el Ministerio de Economía, información del 2002, en el año 2000, dichas PyMEs eran

las responsable del 80 por ciento de los ocupados, el 62 por ciento de las ventas, y del 60 por ciento del valor de las exportaciones.

El Cuadro 4.5 presenta los totales de empresas y trabajadores del sector químico compuesto a lo largo de los años 2007-2011 en nuestra muestra seleccionada a partir de SABI - AMADEUS.

Cuadro 4.5. *Número de trabajadores por categoría y año*

Cohortes trabajadores	AÑO											
	2007	%	2008	%	2009	%	2010	%	2011	%	Total	%
Microempresa (0-9)	8	2,84	13	3,96	10	2,8	16	4,29	12	3,59	59	3,51
Pequeña empresa (10-49)	81	28,72	88	26,83	108	30	106	28,4	94	28,1	477	28,41
Mediana empresa (50-199)	128	45,39	153	46,65	167	47	177	47,5	156	46,7	782	46,58
Gran empresa (+ 199)	65	23,05	74	22,56	74	21	74	19,8	72	21,6	361	21,50
Pymes (1 + 2 + 3)	217	76,95	254	77,44	285	79	299	80,2	262	78,4	1318	78,50
Total sin microempresa (2 + 3)	209	74,11	241	73,48	275	77	283	75,9	250	74,9	1259	74,99
Total	282	100	328	100	359	100	373	100	334	100	1.679	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de SABI

Los datos aquí obtenidos muestran el nivel de cobertura de SABI respecto al tamaño empresarial referido al número total neto de empresas. En ellos puede destacarse el valor obtenido por la PyMEs con un 78.4% del total para el año 2011.

Por su parte, las empresas de entre 10 y 49 trabajadores suponen un porcentaje considerablemente elevado con respecto al total de la muestra para todos los años 2007-2011, ya que corresponde a un valor cercano al 30%.

Las empresas medianas (50-199), por otro lado, aumentan su importancia a lo largo del período objeto de estudio. Este crecimiento acumulado es, sin embargo, el resultado de unas tasas interanuales de variación muy dispares cuya evolución parece estar relacionada con el ciclo económico.

No obstante, es destacable el alto porcentaje de medianas empresas en relación al conjunto de PyMEs, con un total del 46.7% para el año 2011. En cambio, las grandes empresas representan un porcentaje notablemente menor –el 21.6%- con respecto al total de la muestra.

En cuanto al número de trabajadores, se observa un decremento de asalariados en el total de las microempresas, lo cual lleva a la conclusión de que es el grupo más afectado por la tesitura actual de crisis económica. No obstante, cabe destacar el bajo volumen que consituyen las microempresas, con tan solo un 3.59% en el año 2011.

En valores generales, puede observarse como el volumen de empresas total ha ido creciendo a partir del 2007 hasta el 2010, excepto para el correspondiente a las microempresas, donde vemos una notable recuperación del 2010 al 2011.

En el siguiente Cuadro 4.6 se observa la evolución del importe neto de cifra de negocios -valorado en millones de euros-, para el período de tiempo comprendido entre los años 2007 y 2011. Se destacan dos claras tendencias correspondientes a:

1. Años 2007-2009, donde la gran mayoría de CC.AA sufren la consecuencias de la crisis con una clara disminución del importe de ventas.
2. Años 2009-2011, en los cuales se destaca un repunte de los valores de la variable, tomando claramente valores superiores a los del año 2007 en la gran mayoría de las CC.AA analizadas.

Cuadro 4.6. *Medias del importe neto de cifra de negocio por Comunidad Autónoma y año*

CCAA	AÑO				
	2007	2008	2009	2010	2011
Andalucía	55285.9	50792	42602.2	46413.9	59753.7
Aragón	52050.3	50241.3	33196.1	86947.5	40406.3
Asturias	49142.7	57296	47091	53065.6	81094
C León	36970.1	33173	33516.1	35584.3	48130.4
C. La Mancha	9768.19	11360.5	12725.6	12540.5	12818.8
C.Valenciana	56271.1	64725.7	49820.7	51338.2	63829.1
Cantabria	47571.9	56519.6	39395.7	60338.1	45804.6
Cataluña	84290.7	87940.9	72175.7	87056	95617.7
Extremadura	17582.8	19596	20513.9	19811.3	28343.9
Galicia	51567.3	42360.1	45773.3	56878.4	58748.4
La Rioja	17.43	10181.4	12567.2	27861.9	76663.8
Madrid	304595	368022	332068	367195	459070
Navarra	28454.8	54176.7	31212.5	28244	37138.5

CCAA	AÑO				
	2007	2008	2009	2010	2011
País Vasco	35477.8	76578.3	27596.3	28196.4	27228
R. Murcia	25041.4	48093.9	50809.4	40944.8	77167.1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos en SABI

El Cuadro 4.7 analiza la media del número total de trabajadores que conforman el sector químico por CC.AA.

Cuadro 4.7. *Media del número de trabajadores distribuida por tipología de empresa y año*

CCAA	AÑO				
	2007	2008	2009	2010	2011
Andalucía	100.5	103.13	91.18	100.35	106.53
Aragón	146.33	118.82	118.93	99.29	102.57
Asturias	247.5	233.2	230.8	243.2	301.75
C León	63.09	67.42	57.57	59.57	68.92
C. La Mancha	42.33	38.67	51	48.8	62.67
C. Valenciana	152.65	159.24	135	132.65	134.83
Cantabria	64	62	65	63	45
Cataluña	150.18	142.87	135.79	133.64	134.01
Extremadura	35	27	28.67	39.67	57
Galicia	69.13	66.33	65	64.93	68.83
La Rioja	1	16	29	27.5	25.5
Madrid	529.68	528.86	496.96	475.39	525.8
Navarra	45	182	169.667	122.75	118
País Vasco	110.29	113.15	92.32	81.24	73.16
R. Murcia	108.54	160	145.8	149.14	156.71

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos en SABI

La tendencia general mostrada en el cuadro anterior respecto al número de trabajadores viene determinada por una clara disminución a partir de los años 2007-2008 en la mayoría de las CC.AA analizadas, excepto en Castilla León, Comunidad Valenciana, La Rioja, Navarra, País Vasco y Región de Murcia, donde esta tendencia se da para el transcurso del año 2008-2009.

Es destacable como se da una mayor contratación de trabajadores en la industria química para todas las CC.AA en el período 2010-2011. Cabe subrayar el aumento en Madrid y Asturias, con un incremento del 9.58% y 19.4%, respectivamente.

Es importante conocer la distribución geográfica de las empresas que conforman el sector químico nacional, tanto en cuanto permite distribuir el tejido industrial de cada CC.AA. Para ello se distribuyen en el siguiente Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. *Total de empresas por CCAA*

CCAA	AÑO				
	2007	2008	2009	2010	2011
Andalucía	12	15	17	17	15
Aragón	9	11	14	14	14
Asturias	4	5	5	5	4
C León	11	12	14	14	12
C. La Mancha	3	3	4	5	3
C.Valenciana	31	38	45	46	40
Cantabria	1	1	1	1	2
Cataluña	125	139	149	156	141
Extremadura	2	3	3	3	2
Galicia	8	12	12	15	12

CCAA	AÑO				
	2007	2008	2009	2010	2011
La Rioja	1	2	2	2	2
Madrid	44	50	53	56	50
Navarra	1	3	3	4	4
País Vasco	17	20	22	21	19
R. Murcia	13	14	15	14	14

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de SABI y AMADEUS

Cataluña es la Comunidad Autónoma con un mayor volumen de empresas, las cuales representan un 42.35% con respecto al total. Existen CC.AA con una representación muy reducida, como por ejemplo Cantabria, Extremadura o La Rioja, con tres empresas, dos o incluso, una única empresa⁵¹.

Los resultados hasta ahora obtenidos concuerdan con lo visto a lo largo del capítulo 3, ya que para DIRCE, la CC.AA con un mayor número de empresas en el sector químico era Cataluña, con un total de 44%, valor muy similar al encontrado en SABI (42.35%). No obstante, no es coincidente en cuanto a la segunda CC.AA. En este caso, DIRCE muestra que es Andalucía, mientras que para nuestra muestra, es Madrid. Por último, la Comunidad Valenciana vuelve a ser coincidente en ambas muestras.

⁵¹ Las CC.AA de Ceuta, Islas Baleares, Islas Canarias y Melilla quedan excluidas por falta de datos.

4.5.4. Representatividad de la base de datos AMADEUS

Asimismo, las variables necesarias para conocer la internacionalización de las empresas, es decir, sobre la obtención de los datos sobre la exportación y la inversión extranjera directa de las empresas españolas del sector químico, se obtienen a partir de la base de datos AMADEUS.

Por lo que se refiere a la balanza de pagos española, ha sido históricamente negativa, mostrando un claro posicionamiento hacia la importación. El sector químico tampoco escapa a esta realidad, ya que para el año 2011 mostraba una mayor proporción a la importación (14.4%) que a la exportación (13.8%) (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2011). Ésto indica un saldo negativo por parte del sector químico español.

El primer caso que interesa analizar en esta tesis es la exportación. Por ello, se realiza el siguiente cuadro, donde se muestran cuántas empresas realizan exportación o no.

Cuadro 4.9. *Realiza actividad exportadora*

Año	Sí	%	No	%	Total
2007	201	71.28	81	28.72	282
2008	232	70.73	86	29.27	328
2009	248	69.08	111	30.92	259
2010	256	68.63	117	31.37	373
2011	246	73.65	88	26.35	334

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI

La distribución exportadora del sector está relativamente diversificada, con una clara dominancia por parte de las empresas que sí realizan exportación. Es destacable el aumento constante entre los diferentes períodos de la actividad internacional por parte de las empresas químicas españolas, ganando una mejor posición en el ámbito internacional.

La segunda variable considerada que mide la internacionalización es la inversión extranjera directa. Ésta se divide en dos grupos: *Subsidiaries* y *Shareholders*.

- Se denomina *Shareholders* a la adquisición de acciones o bien, a convertirse en accionista, es decir, en el propietario de una o más acciones de una sociedad anónima que no es la propia. Por tanto, puede considerarse como una manera de internacionalización indirecta.
- Por otro lado, el término *Subsidiary* se refiere a aquellas empresas cuya propiedad pertenece a otra empresa, la cual posee más de la mitad de sus acciones y es denominada matriz.

Así, tanto uno como el otro conforman dos maneras distintas de inversión extranjera directa,

- Horizontal, donde la empresa multinacional produce los mismos bienes y servicios en el país de acogida que en el país de origen, en el que cada planta productiva vende al mercado local. La principal motivación de realizar la IED horizontal es eliminar los costes de transporte⁵² o conseguir acceso al mercado extranjero, el cual sólo puede venderse localmente.

⁵² Hummels, 2000 calcula alrededor del 0.8% del valor de los bienes por día.

- Vertical, en la cual la empresa multinacional fragmenta su producción en diferentes fases (Markusen, 1995). Esta fragmentación productiva se realiza para explotar las diferencias relativas a los costes de factor⁵³. Feenstra (1998) le llama “desintegración de la producción”.

Los modelos de IED horizontal implican una relación de sustitución entre exportación e IED. Markusen (1984) habla de la existencia de una relación de sustitución entre IED horizontal y exportación. Por su parte, Helpman (1984) afirma que existe una relación de complementariedad entre IED vertical y exportación. No obstante, estudios empíricos demuestran que la combinación de vertical y horizontal producen la IED (Markusen, 1998)⁵⁴.

Los Cuadros 4.10 y 4.11 muestran el total de empresas del sector que realizan actividad internacional mediante IED, ya sea mediante *Shareholders* o bien *Subsidiaries* para los años comprendidos entre 2007 y 2011.

⁵³ En base a las aportaciones de Coase (1937) sobre los fallos de mercado (costes de transacción). Como fallos de mercado podemos mencionar: oportunismo, racionalidad limitada, asimetría de información, incertidumbre, entre otros.

⁵⁴ En Helpman (2006) puede consultarse una revisión de esta literatura teórica donde se repasan estos modelos.

Cuadro 4.10. *Realiza actividad Shareholders*

Año	Sí	%	No	%	Total
2007	269	95.39	13	4.61	282
2008	314	95.73	14	4.27	328
2009	343	95.54	16	4.46	359
2010	353	95.15	18	4.85	373
2011	320	95.81	14	4.19	334

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI

Cuadro 4.11. *Realiza actividad Subsidiaries*

Año	Sí	%	No	%	Total
2007	151	53.55	131	46.45	282
2008	180	54.88	148	45.12	328
2009	200	55.71	159	44.29	259
2010	203	54.42	170	45.58	373
2011	184	55.09	150	44.91	334

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI

Basándonos en los resultados de los cuadros anteriores, puede constatarse que el grupo que tiene un mayor peso en la internacionalización de las organizaciones es la adquisición de acciones, ya que la gran mayoría de ellas tienen acciones en otras empresas. Por ello, es necesario definir la nacionalidad de estas empresas accionarias, ya que muchas tienen sede social en España, y por definición, no deben ser consideradas como empresas que se internacionalizan.

Si bien, las empresas que realizan *Shareholders* tienen valores superiores al 95% en todos los años de la muestra. No obstante, el aumento de empresas no implica un incremento de la internacionalización, ya que, por ejemplo, en el año 2008-2009 existe un claro aumento del total de empresas pasando de 328 a 359. En cambio, se produce una disminución de las empresas que realizan *Shareholders*, pasando del 95.73% al 95.54%.

No obstante, las empresas que tienen filiales poseen una menor importancia en el conjunto de la posición internacional de la industria química en comparativa con las *Shareholders*. Aun así, existe un 55.09% de empresas que tienen filiales a lo largo del mundo para el año 2011.

Puede afirmarse, en base a los resultados obtenidos, que el sector químico español posee una fuerte posición internacional, y que sigue aumentando el número neto de empresas que interactúan en el concierto internacional.

La importancia no radica solo en las empresas que se internacionalizan, sino en las entidades domésticas de los países que reciben inversiones directas. El incremento de un 10% en las empresas multinacionales de un país puede incrementar la PTF de las empresas nacionales en un 0.5% (Haskel *et al.* 2002).

La distribución de las empresas exportadoras por CC.AA y año queda reflejada en el siguiente Cuadro 4.12.

Cuadro 4.12. *Distribución de empresas exportadoras por año y CC.AA*

CCAA	2007		2008		2009		2010		2011	
	si	no								
Andalucía	6	6	8	7	9	8	8	9	9	6
Aragón	8	1	11	0	11	3	12	2	13	1
Asturias	2	2	3	2	3	2	3	2	3	1
C León	6	5	7	5	7	7	7	7	7	5
C. La Mancha	0	3	0	3	1	3	2	3	1	2
C. Valenciana	25	6	29	9	33	12	33	13	30	10
Cantabria	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0
Cataluña	95	30	105	34	114	35	121	35	113	28
Extremadura	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
Galicia	7	1	8	4	8	4	9	6	8	4
La Rioja	0	1	0	2	0	2	0	2	0	2
Madrid	26	18	30	20	30	23	30	26	31	19
Navarra	1	0	2	1	2	1	2	2	2	2
País Vasco	14	3	17	3	16	6	15	6	15	4
R. Murcia	9	4	9	5	11	4	11	3	11	3

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI

Puede comprobarse fácilmente que en todas las CC.AA predominan las empresas exportadoras en todos los años de la muestra. Cabe destacar el aumento progresivo de las empresas que realizan actividad exportadora a partir del año 2007 en la mayoría de las CC.AA, mientras que en otras existe algún estancamiento del crecimiento del tejido industrial en cuanto a la actividad internacional.

A continuación, se realiza el mismo cuadro pero tomando en consideración la posición de la empresa del sector químico mediante *Shareholders*.

Cuadro 4.13. *Distribución de empresas Shareholders por año y CC.AA*

CCAA	2007		2008		2009		2010		2011	
	si	no								
Andalucía	7	0	15	0	17	0	17	0	15	0
Aragón	9	0	10	0	13	0	13	0	13	0
Asturias	4	0	5	0	5	0	5	0	4	0
C León	11	0	12	0	12	1	13	1	12	0
C. La Mancha	3	0	3	0	4	0	5	0	3	0
C.Valenciana	26	5	33	5	40	5	41	5	37	3
Cantabria	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0
Cataluña	122	3	136	3	145	4	150	6	136	5
Extremadura	2	0	3	0	3	0	3	0	2	0
Galicia	8	0	12	0	12	0	15	0	12	0
La Rioja	1	0	2	0	2	0	2	0	2	0
Madrid	42	2	48	2	51	2	54	2	48	2
Navarra	1	0	2	1	2	1	3	1	3	1
País Vasco	16	1	19	1	21	1	20	1	18	1
R. Murcia	11	2	12	2	13	2	12	2	12	2

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI

La tendencia es similar a la expuesta en el cuadro anterior (Cuadro 4.12), afirmando que las empresas del sector químico español utilizan para su internacionalización tanto la exportación directa como la opción de *Shareholders*.

Ahora bien, si se analiza la estructura del tejido industrial internacional con respecto a la variable *Subsidiaries*, se constata una notable diferencia en relación a las otras variables *internacionalización* analizadas anteriormente.

Cuadro 4.14. *Distribución de empresas Subsidiaries por año y CCAA*

CCAA	2007		2008		2009		2010		2011	
	si	no								
Andalucía	12	0	15	0	17	0	17	0	15	0
Aragón	6	3	5	6	7	7	7	7	7	7
Asturias	1	3	2	3	2	3	2	3	2	2
C León	3	8	4	8	4	10	4	10	4	8
C. La Mancha	1	2	1	2	2	2	2	3	2	1
C.Valenciana	19	12	25	13	30	15	31	15	28	12
Cantabria	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2
Cataluña	71	54	80	59	89	60	92	64	83	58
Extremadura	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1
Galicia	3	5	5	7	5	7	6	9	5	7
La Rioja	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Madrid	25	19	28	22	31	22	32	24	30	20
Navarra	0	1	1	2	1	2	1	3	1	3
País Vasco	13	5	14	6	15	7	13	8	11	8
R. Murcia	4	9	4	10	4	11	4	10	4	10

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos SABI

En este caso, queda demostrado que la utilización de las *Subsidiaries* por parte de las empresas del sector en España no es tan abrumadora como en el caso de las exportaciones y las *Shareholders*. Así pues, se trata de un procedimiento de internacionalización poco explotado por parte de las empresas del sector químico.

4.5.5. Selección de los individuos: SABI Y AMADEUS

En consecuencia, la información extraída a partir de SABI y AMADEUS se selecciona teniendo en cuenta tres filtros:

- El primero, solo comprende empresas societarias y aquellas individuales que hubiesen depositado en las Cuentas Anuales del Registro Mercantil.
- Un segundo grupo, donde las empresas deben ser activas en el ámbito económico, por lo que en SABI tendrán el estado de “en activo”.
- Y, por último, se excluyen las empresas para las que no se dispone del código de actividad.

Aquellos individuos que no cumplan con una de estas tres características quedan automáticamente eliminados de la muestra.

Asimismo, una de las características de la muestra obtenida a partir de SABI y AMADEUS es el carácter incompleto de las mismas, consecuencia directa de la rotación empresarial habitual en cualquier economía. Éstas serían:

- La incorporación anual de las empresas de nueva creación.
- El cese de la actividad de otras.
- La falta de información en el balance contable y de la cuenta de pérdidas y ganancias de todos los años por parte de distintas firmas.

Por lo tanto, pueden considerarse las entradas y salidas de las empresas en la muestra como un efecto aleatorio en la población. Ya sean empresas de nueva entrada como de salidas (inclusive aquellas donde falta información para todos los años de la muestra).

Esta situación permite que pueda observarse la rotación empresarial en el sector y evaluar la consideración económica del mismo. No obstante, hace que el panel de datos analizado sea no balanceado.

4.5.6. Definición de las variables

En este apartado se definen las variables utilizadas para cuantificar la estimación de la PTF y eficiencia de las empresas del sector químico español.

Aun utilizando diferentes metodologías para la estimación de la función de producción, las variables seleccionadas son similares – varían mínimamente dependiendo de los datos obtenidos en la muestra manejada para crear la base de datos-.

Por tanto, parece conveniente exponer de manera resumida las variables utilizadas y los principales problemas que pueden encontrarse en su utilización.

Una de las cuestiones que se plantea en este tipo de trabajos, es el tratamiento para transformar las variables de nominales a reales, sin el efecto derivado de la variación de los precios. Éste es un punto de gran importancia al no tener indicadores de los precios reales de los diferentes productos que conforman el mercado del sector químico español. Por esta razón, se utilizará el deflactor de los índices de precios al consumo para deflactar las variables y así corregir los precios del Instituto Nacional de Estadística y limitar el impacto de los

precios en la medida de la producción de la empresa y en las estimaciones de la función de producción (de Loecker, 2007).

Un problema que puede encontrarse al realizar la estimación de la PTF tanto a nivel de números índice como en los modelos econométricos, es la ausencia de los precios individuales de los outputs e inputs que conforman la función de producción. No obstante, esta situación no conlleva una dificultad en la estimación del modelo, ya que, si se asume que las empresas venden en un mercado en competencia imperfecta, las diferencias de precios reflejarán la diferenciación de sus productos.

La construcción de la variable output es de especial importancia, ya que garantiza la capacidad explicativa del modelo. Una de las principales complicaciones de la selección de la variable output es que muchas empresas solo producen un único output, pero no es así para el total de las empresas del sector manufacturero.

Este problema queda ligado directamente a la existencia de diferentes precios en el mercado para cada uno de los productos vendidos por parte de las empresas. Por tanto, la estimación final de la productividad puede verse afectado. En trabajos recientes (Katayma *et al.* 2005; De Loecker, 2007; Van Beveren, 2012) se ha empezado a tener en cuenta este problema y, por ello, se ha aplicado una solución que consiste en considerar la producción de un único bien por parte de los productores.

En el presente trabajo, para solucionar este inconveniente, se opta por la selección del *output* en base al planteamiento utilizado por Delgado *et al.* (2002), donde la variable dependiente en el modelo se construye a partir de los *ingresos netos de explotación*. Con esta variable se

pretende destacar, exclusivamente, los ingresos de la actividad regular de la empresa, obviando aquellas ventas atípicas.

Para la obtención del *output* es necesario la utilización de una serie de inputs tales como las materias primas, la mano de obra directa, o bien los inputs indirectos de fabricación (como son la mano de obra indirecta, la energía consumida, entre otros) y a su vez, los inputs indirectos de fabricación.

A continuación, se definen las diferentes variables incluidas en los modelos econométricos de PTF, ET e internacionalización:

Variables dependientes

- *Importe neto de cifra de negocio*: se define como el resultado obtenido por el importe de las ventas del producto teniendo en cuenta la deducción de los importes de los descuentos, Impuesto sobre el Valor Agregado⁵⁵ (I.V.A) u otros impuestos (Girma *et al.* 2003).
- *Productividad Total de los Factores (PTF)*: es una medida del producto físico u output generado a partir del uso de una cantidad dada de inputs por parte de la empresa.
- *Eficiencia Técnica (ET)*: es cuando una empresa obtiene una misma cantidad de output consumiendo una menor cantidad de alguno de los inputs pero manteniendo constantes el resto de ellos. O bien, cuando se incrementa el valor de output sin consumir un mayor volumen de inputs.

⁵⁵ Impuesto de carácter indirecto.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- El *capital*, esta variable se construye a partir del *inmovilizado total neto*, que representa el total de inversiones en capital realizado por la empresa. Éste comprende todos aquellos elementos del patrimonio de la empresa con una perspectiva a largo plazo. Siendo esta variable es estática en el tiempo (Olley y Pakes, 1996).
- La siguiente variable son los *bienes intermedios* que se puede realizar mediante la suma de las compras (materias primas) y servicios exteriores (I + D + i, publicidad y otros servicios exteriores) menos la variación de existencias de compras. Los bienes intermedios junto con la variable trabajo son inputs fluctuantes (Olley y Pakes, 1996).
- El *trabajo* se extrae directamente del coste laboral que tiene la empresa.

Para la selección de dicha variable referente al trabajo o mano de obra, existen diferentes alternativas:

- a. El número de empleados.
- b. Los empleados por hora.
- c. O alguna medida de trabajo ajustado por calidad.

Por tanto, en esta tesis, se selecciona el *coste laboral*, concretamente se utiliza el salario de los trabajadores, ya que estos capturan los productos marginales del trabajo heterogéneo (Castellani, 2001; Cassiman *et al.* 2007). Esta variable se encuentra en todas las cuentas de pérdidas y ganancias de las empresas.

Características de la empresa a nivel internacional

- Las *exportaciones* se basan en si la empresa realiza actividad exterior o no. Ésta variable se encuentra en la base de datos *SABI*. Puede encontrarse en valor neto o bien como una variable dicotómica (Exporta sí / no).
- La *inversión extranjera directa* se extrae de la base de datos *AMADEUS*, y a partir de ella se construyen dos variables dicotómicas que adoptan el valor 1 si la empresa realiza inversión extranjera directa y valor 0 si no⁵⁶:
 - i. La primera es la *Shareholders*, que viene definida como accionista o titular de acciones de una empresa. Es decir, obtienen el derecho a una parte de los ingresos obtenidos por la empresa, siendo este dinero un dividendo.
 - ii. Una segunda, se define como *Subsidiaries* que son aquellas definidas como las empresas filiales o subsidiarias.

⁵⁶ Ambas variables se encuentran definidas como tal en la base de datos *AMADEUS*. Estas se seleccionan directamente de *AMADEUS* y se depuran aquellas empresas que no realizan actividad inversora en ninguna de las dos estrategias.

CAPITULO 5

Productividad de la empresa del sector químico español para el período 2007-2011

En este capítulo se muestra el comportamiento de la productividad a lo largo del período objeto de estudio. Previamente, se realiza la estimación de las elasticidades mediante: Mínimos Cuadrados Ordinarios, Efectos Fijos y Efectos Aleatorios. Además, se profundiza en el efecto del tamaño empresarial en relación a su nivel de productividad. Finalmente, se analiza el grado de convergencia geográfica en cuanto a la variable productividad.

5.1. Introducción

La relación existente entre variables que reflejan las condiciones de eficiencia, competencia y productividad, es un hecho comúnmente aceptado en la literatura económica (Pinilla, 2001). Es a partir de esta constatación que se inicia este capítulo.

En esta sección se profundiza en los siguientes aspectos:

- a. La estimación de las elasticidades de la función de producción Cobb-Douglas mediante los métodos detallados en el Capítulo 4.
- b. Los resultados obtenidos una vez realizadas las estimaciones pertinentes, en los cuales se analizan las diferencias sobre la PTF en el sector químico español. Con ello, se pretende examinar las divergencias en los niveles de productividad del conjunto de empresas que constituyen dicho sector.

Para poder llevar a cabo dicha profundización se estimará la función de producción, mediante tres modelos econométricos: *pooled* MCO, EF y EA.

Una vez realizada la estimación se efectúa una comparativa entre los resultados obtenidos. Donde, finalmente, se selecciona la estimación mediante el modelo de EF para determinar el valor de la variable PTF.

El capítulo se estructura como sigue: en los apartados 5.2. y 5.3 se examinan tanto la estimación de la función de producción como la evolución de la distribución de la productividad de las empresas manufactureras españolas en el período estudiado. Se presentan los principales resultados obtenidos a partir de las estimaciones realizadas

para el sector manufacturero español durante el período 2007-2011. En el apartado 5.4, se analiza la relación existente entre el tamaño empresarial, diferenciando entre microempresas, pequeñas y medianas empresas, y grandes empresas con respecto a la PTF.

En el apartado 5.5. se estudia la productividad de las empresas españolas desagregada tanto por Comunidades Autónomas como por zonas geográficas. Por último, en el apartado 5.6. quedan resumidas las principales conclusiones extraídas del capítulo.

5.2. La eficiencia productiva en el sector industrial español

5.2.1. Análisis de la productividad de la empresa química española durante el periodo 2007-2011

En esta sección se analiza la variable productividad, la cual parte de la descomposición del residuo de Solow (1957). Este residuo determina la PTF. Para poder realizar la estimación de la PTF tomamos como punto de partida la función de producción Cobb-Douglas, que se puede estimar mediante diferentes modelos econométricos: MCO, EF y EA.

La variable productividad se aborda desde un punto de vista empírico en base a los supuestos del modelo de dinámica industrial propuesto por Hopenhayn (1992).

La principal característica de este modelo viene determinada por la siguiente propiedad: *la existencia de un equilibrio a largo plazo en un sector en el cual compiten un gran número de empresas precio-aceptantes, las cuales producen un bien homogéneo* (Hopenhayn, 1992).

Por tanto, cada empresa produce una cantidad de bienes con determinadas cantidades de factores de producción o inputs y con un factor aleatorio, que puede denominarse *shock* de productividad específico de cada empresa (Hopenhayn, 1992). Precisamente, son estos *shocks* los que generan la heterogeneidad.

La metodología utilizada para la estimación de la PTF requiere de una base de datos que contenga información económico-financiera de las empresas del sector químico español. Tal y como se ha indicado anteriormente, se extraen de las bases de datos SABI y AMADEUS. Una vez seleccionada la información, ésta se ha depurado y agrupado dando una muestra representativa con respecto a la población del sector, tal y como hemos recogido en el capítulo 4.

En el siguiente cuadro (Cuadro 5.1) podemos observar el número total de empresas que permanecen en la muestra después de realizar cada uno de los pasos de depuración. Éstos han consistido en:

- Tener en consideración aquellas empresas que tienen actividad durante el período objeto de estudio.
- No se consideran aquellas empresas con un importe neto de cifra de negocios o total de activos sea igual o menor a 0.
- Así como, aquellas empresas con un valor añadido o número de trabajadores que sea igual a 0.
- Por último, no se consideran aquellas empresas que no ofrecen información en condiciones de confianza.

De un total de 282 empresas que tienen actividad en 2007, aumenta hasta un total de 334 individuos activos para el año 2011.

Cuadro 5.1. *Empresas por año*

Año	Empresas
2007	282
2008	328
2009	359
2010	373
2011	334

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI y AMADEUS

El Cuadro 5.2 divide y resume el total de individuos que conforman la muestra, tanto por años, como por cada una de las CC.AA analizadas.

Cuadro 5.2. *Empresas por CC.AA y año*

CC.AA	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Andalucía	12	15	17	17	15	76
Aragón	9	11	14	14	14	62
Asturias	4	5	5	5	4	23
C León	11	12	14	14	12	63
C. La Mancha	3	3	4	5	3	18
C.Valenciana	31	38	45	46	40	200
Cantabria	1	1	1	1	2	6
Cataluña	125	139	149	156	141	710
Extremadura	2	3	3	3	2	11
Galicia	8	12	12	15	12	59
La Rioja	1	2	2	2	2	9
Madrid	44	50	53	56	50	253
Navarra	1	3	3	4	4	15
País Vasco	17	20	22	21	19	99
R. Murcia	13	14	15	14	14	70
Total	282	328	359	373	334	1676

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI y AMADEUS

Puede comprobarse como para el primer año de la muestra, correspondiente al 2007, existe un total de 282 empresas. Es destacable que las CC.AA con un mayor número de empresas en todos los años de la muestra son Cataluña y Madrid, respectivamente. Mientras que Cantabria, La Rioja y Extremadura se encuentran más alejadas de los valores representativos. Esta circunstancia muestra la escasa existencia de tejido industrial, y concretamente, la exigua presencia de empresas del sector químico en dichas CC.AA. Estos resultados son muy similares a los obtenidos para el año 2014 en el

DIRCE⁵⁷, donde las CC.AA con menor volumen de empresas activas eran Cantabria, La Rioja y Navarra (INE, 2014). Cabe destacar como la muestra obtenida tiene un claro incremento de individuos a partir del año 2008.

Una vez que disponemos de la información cuantitativa recopilada a través de la base de datos, y definidos los métodos de estudio, el siguiente paso es realizar la estimación de la variable productividad.

Así, se realiza la estimación de la variable productividad mediante la función de producción Cobb-Douglas [4.7], a partir de la cual se obtendrán los estimadores consistentes que permiten aproximar la PTF de cada empresa por período en base a la función determinada en [4.9].

5.2.2. Métodos de regresión con datos en panel

La utilización de *datos de panel* hace necesario una correcta especificación de los modelos econométricos para evaluar la variable PTF. En este caso, la presencia de un panel de datos no balanceado no hace pensar que afecte de manera negativa a la estimación de la función de producción (Delgado *et al.* 2001; Holl, 2012). No obstante, antes de iniciar la estimación (MCO, EA y EF), es necesario realizar una prueba de consistencia para los supuestos del modelo de regresión.

Estas pruebas se realizan para las principales variables que determinan la función de producción:

- Importe neto de cifra de negocios

⁵⁷ Directorio Central de empresas elaborado por el Instituto Nacional de Estadística.

- Coste laboral
- Coste de material
- Coste de capital

Así, el primer paso es reconocer los principales valores descriptivos de estas variables. El Cuadro 5.3 presenta los valores de las variables importe neto de cifra de negocios, coste material, coste laboral y coste capital.

Cuadro 5.3. *Estadística descriptiva de las variables de producción*

Variable	Obs	Media	Desv.Tip.	Min.	Max.
Impneto	1676	112334.4	359625.2	17.43	4792354
Cmaterial	1676	96550.34	939758.6	7.71	3.67e+07
Claboral	1676	10330.08	28550.02	17.35	821019
Capital	1676	26401.43	76239.48	1.05	977843.6

Fuente: Elaboración propia

El siguiente Cuadro 5.4 refleja la distribución de la muestra con respecto a las diferentes variables económicas, así como el diferente peso e impacto que tienen en el sector químico.

Cuadro 5.4. Resumen de las principales variables

Variables		Media	Desv. Tip.	Min	Max	Observaciones
impneto	<i>overall</i>	111871.1	359636.6	17.43	4792354	N = 1676
	<i>between</i>		334470.9	2595.81	3440257	n = 393
	<i>within</i>		86328.06	-1007726	1464432	
cmaterial	<i>overall</i>	96317.89	940560.8	7.71	3.67e+07	N = 1676
	<i>between</i>		542321.5	95.075	9838662	n = 393
	<i>within</i>		738142.7	-7572457	2.70e+07	
claboral	<i>overall</i>	10274.57	28526.03	17.35	821019	N = 1676
	<i>between</i>		22994.99	82.775	259437	n = 393
	<i>within</i>		18234.89	-181061.7	571912.1	
capital	<i>overall</i>	28404.63	109231.6	0.05	2759117	N = 1676
	<i>between</i>		86645.83	0.654	893652.6	n = 393
	<i>within</i>		69279.74	-609953.5	1894108	

Fuente: Elaboración propia

Para el estadístico de bondad de ajuste, se muestran tres medidas diferentes que explican el modelo: la varianza interior de cada individuo (*within*), entre individuos (*between*) y de manera general (*overall*). Cabe destacar como el valor medio del output del modelo, es decir, el importe neto de cifra de negocios, es más elevado que el resto de inputs.

Cabe recordar que, de acuerdo con los supuestos de Gauss-Markov, los estimadores de MCO son los Mejores Estimadores Lineales Insesgados (MELI) siempre y cuando los errores (e_{it}) sean independientes entre sí y se distribuyan idénticamente con varianza constante σ^2 .

Como consecuencia de trabajar con datos de panel, las siguientes condiciones pueden ser vulneradas:

- La independencia, cuando los errores de diferentes unidades están correlacionados (correlación contemporánea), cuando los errores dentro de cada unidad se correlacionan temporalmente (correlación serial), o ambos. Este hecho se conoce con el nombre de autocorrelación.
- La varianza no es constante: heteroscedasticidad.

Llegados a este punto, es necesario abordar estos dos problemas. Para diagnosticar el inconveniente de correlación serial se emplea la prueba de Wooldridge⁵⁸, en la cual si se acepta la hipótesis nula puede rechazarse la existencia de autocorrelación (Wooldridge, 2002).

Cuadro 5.5. *Resultados prueba de consistencia*

Test de Wooldridge para autocorrelación	
H ₀ : no first-order autocorrelation	
F(1, 351) =	2.720
Prob > F =	0.1000

Fuente: Elaboración propia

El resultado del test de Wooldridge indica que no se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación a favor de la existencia de autocorrelación. Por tanto, no es necesaria ninguna corrección del modelo, como podría ser mediante un método de EF con término autoregresivo.

Para el contraste de la existencia de heteroscedasticidad, se utiliza la prueba modificada de Wald (Greene, 2000). Así, la hipótesis nula

⁵⁸ El método de Wooldridge utiliza los residuales de una regresión de primeras diferencias, partiendo de la observación de la variable u_{it} no se encuentra serialmente correlacionada.

indica la no existencia de heteroscedasticidad, es decir, $\sigma_i^2 = \sigma^2$ para toda $i = 1 \dots N$, donde N es el número de unidades transversales. El Cuadro 5.6 muestra dicha conclusión.

Cuadro 5.6. *Test de Wald para heterocedasticidad*

$H_0: \sigma(i)^2 = \sigma^2$ para todo i
chi2 (393) = 1.2e+32
Prob > chi2 = 0.000

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido por el Test modificado de Wald indica que se rechaza la H_0 de varianza constante. Por tanto, se concluye que se acepta la hipótesis alternativa de existencia de heteroscedasticidad.

5.2.3. La estimación de la función de producción: métodos tradicionales

5.2.3.1. Mínimos Cuadrados Ordinarios

El enfoque más simple para la estimación de la función de producción Cobb-Douglas, es MCO. Previamente a la estimación de la función, debe comprobarse la presencia de multicolinealidad en el modelo, para ello, realizamos el Test FIV, utilizado para datos *pooled*.

Cuadro 5.7. *Test de multicolinealidad*

Variable	FIV	1/FIV
Inclaboral	1.81	0.552816
Incmaterial	1.54	0.650556
Incapital	1.40	0.714587
Media FIV	1.58	

Fuente: Elaboración propia

El modelo no muestra evidencias de la existencia de multicolinealidad, ya que el promedio de los factores FIV es menor a 10 y el mayor de los factores es de 1.81. Tal como se ha indicado anteriormente (ver pág. 138) los valores son menores al promedio mínimo exigido en esta prueba.

Una vez efectuadas las diferentes pruebas de consistencia, proseguiremos con la estimación de la función de producción Cobb-Douglas obteniendo los siguientes resultados –para la estimación del modelo se utiliza el paquete estadístico-econométrico Stata versión 13⁵⁹, muy utilizado en el campo de la economía aplicada (Levinsohn y Petrin (2003)-,

⁵⁹ El software Stata es un paquete estadístico-econométrico creado por StataCorp. Se usa mayoritariamente para la investigación en diferentes campos del conocimiento como economía, sociología, entre otras.

Cuadro 5.8. *Estimación de la función de producción Cobb-Douglas mediante MCO*

lnimpneto	Coefficiente	Error estándar	t	P>t
lnmaterial	0.47765	0.0092496	51.64	0.000
lnlaboral	0.4213131	0.0127413	32.63	0.000
lncapital	0.0600333	0.0076282	8.93	0.000
_cons	1.752484	0.0863055	20.15	0.000
R ²		0.8627		
R ² ajustado		0.8625		
F(3. 1675)		3502.63		

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente asociado a la variable logaritmo del coste laboral (*lnlaboral*) presenta un signo positivo (0.4213131) y significativo. Sucede exactamente lo mismo con el resto de variables analizadas: logaritmo del coste de coste material (*lnmaterial*) y logaritmo coste capital (*lncapital*) que presentan signos positivos, 0.47765 y 0.0600333, respectivamente, obteniendo valores significativos.

La capacidad explicativa del modelo, de acuerdo con los R² y R² corregido, es en torno al 86.25% de la varianza de la variable endógena. Ésto indica que la línea de regresión muestral se ajusta a los datos.

Por tanto, se obtiene la siguiente expresión:

$$\ln y_{it} = 1.752484 + 0.4213131 * \ln CLaboral_{it} + 0.0600333 * \ln CCapital_{it} + 0.47765 * \ln CMaterial_{it}$$

S.E.	(0.0127413)	(0.0076282)	(0.0076282)
t	(51.64)	(8.93)	(20.15)
$R^2 = 0.8627$			
R^2 ajustada =0. 8625			

De la ecuación anterior puede interpretarse que: las elasticidades del importe neto de cifra de negocio con respecto al coste laboral, coste de capital y coste material, fueron 0.4213131%, 0.0600333% y 0.47765%, respectivamente.

En otras palabras, si se mantienen constantes los inputs capital y consumo total durante todo el período objeto de estudio, un incremento de 1% en el insumo coste laboral conduce, de promedio, a un incremento de cerca de 0.4213131 en el importe neto de cifra de negocio. Así como con el resto de inputs, si se mantiene constante ahora el coste laboral y el coste material, un incremento del 1% en el insumo coste capital hace aumentar, en promedio, un 0.0600333 el importe neto de cifra de negocios. Por último, mantenido de manera constante el coste laboral y el coste de capital, un incremento del 1% en el input coste material implica un incremento, en promedio, del 0.47765 el importe neto de cifra de negocios.

Los residuos quedan distribuidos como siguen, Figura 5.1,

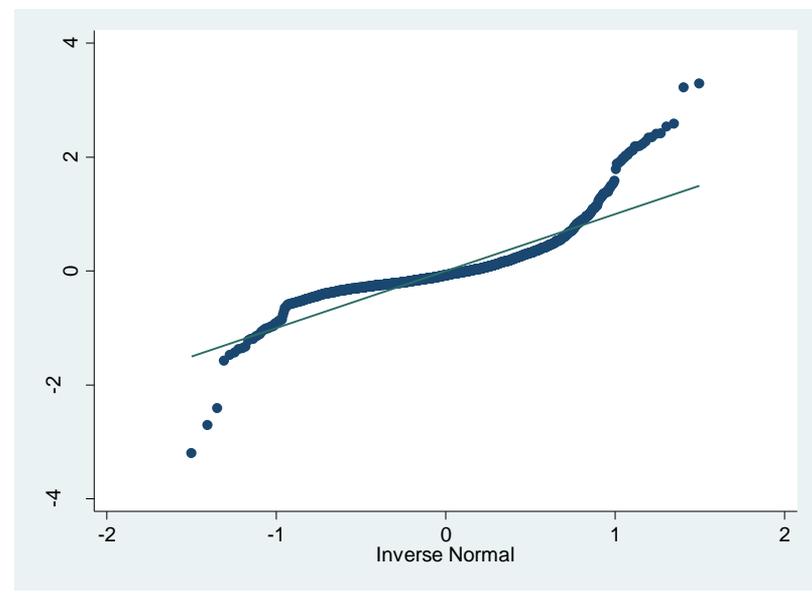


Figura 5.1. Residuos.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Según la figura anterior puede concluirse que el comportamiento lineal es “normal”, por tanto, se considera que la función empírica de la distribución acumulada es similar a la teórica.

Para un correcto tanteo de la normalidad, se toman los coeficientes de asimetría (*skewness*) y el coeficiente de *kurtosis*. Para que exista una distribución normal deben tomar los valores 0 y 3, respectivamente.

Cuadro 5.9. *Test de asimetría*

Variable	Kurtosis	Skewness
errores	14.1716	1.695945

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de los coeficientes de *skewness* y *kurtosis* se observa como en estos valores no aparece la normalidad, por tanto, no puede afirmarse que sean estadísticamente significativos. Para poder valorar la correcta significatividad de la estimación se realiza un test de hipótesis, donde se obtienen los siguientes resultados, Cuadro 5.10.

Cuadro 5.10. *Significatividad del test*

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	chi2(2)	Prob>chi2
errores	1.7e+03	0.0000	0.0000	734.98	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse, se rechaza la hipótesis nula, la cual hace referencia a la simetría de la muestra. En conjunto, se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los errores.

Para poder observar la normalidad de los errores con la estimación mediante MCO se utiliza un histograma, obteniendo la siguiente Figura 5.2.

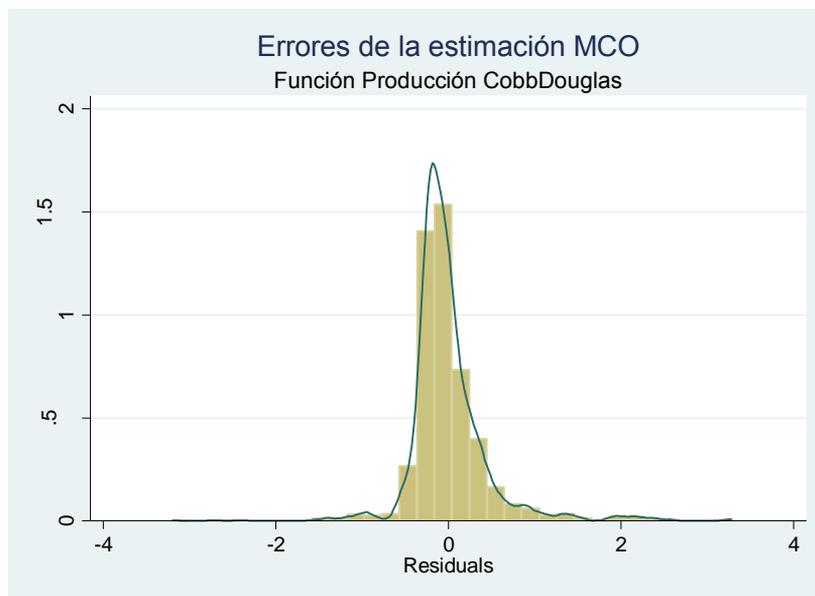


Figura 5.2. Histograma de los residuos por MCO.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Se observan unos resultados similares a los anteriormente citados. Esta circunstancia nos lleva a afirmar que no puede apreciarse la no existencia de una desviación de la normalidad en el modelo.

Por otro lado, se implementa la prueba de Jarque Bera la cual nos permite aplicar sobre los residuos contrastando la hipótesis nula de normalidad *versus* la alternativa de no normalidad, obteniendo el siguiente Cuadro 5.11.

Cuadro 5.11. *Prueba de Jarque Bera*

Test de normalidad Jarque Bera:	9519	Chi(2)	0.000
---------------------------------	------	--------	-------

Fuente: Elaboración propia

El resultado muestra que la variable no presenta una distribución normal, por tanto, el estimador por MCO deja de ser eficiente.

5.2.3.2. Efectos Fijos

En segundo lugar, se efectúa el procedimiento por EF para la estimación de la función de producción. Para su realización, debe tenerse en cuenta que las variables omitidas pueden generar cambios en los interceptos ya sea a través del tiempo o bien entre unidades de corte transversal. Mediante el modelo de los EF se trata de aproximar estos cambios con variables *dummy*, con lo que se soluciona el problema de endogeneidad.

Si bien, este modelo tampoco se considera el más apropiado, ya que supone la productividad no observable invariable a través del tiempo. En este caso, Bernard y Jensen (1999) y Bernard y Wagner (2001) utilizan los EF para realizar la estimación del modelo.

El siguiente Cuadro 5.14 muestra los resultados obtenidos a la hora de aplicar una estimación mediante los EF.

Cuadro 5.12. *Estimación por EF*

Inimpneto	Coefficiente	Error estándar	t	P>t
lnmaterial	0.5825252	0.0191837	30.33	0.000
lnlaboral	0.2395382	0.0236843	10.10	0.000
lncapital	0.0246511	0.0093686	2.92	0.004
_cons	2.551407	0.2375848	10.80	0.000
sigma_u	0.44305859			
sigma_e	0.29378957			
rho	0.6945921			
F test that all u_i = 0	0			
F(392, 1283)	7.35			
Prob > F	0.000			
F(3, 1280)	470.77			
R-sq:	within =	0.5241		
	between =	0.8624		
	overall =	0.8364		

Fuente: Elaboración propia

El *p-value* indica que podemos rechazar la H_0 , por lo que es preferible usar el método de EF al modelo agrupado. Así, el componente de heterogeneidad no observable se incorpora en la ordenada al origen del modelo, si bien es cierto que el método de los EF no identifica directamente qué causa que la regresión lineal cambie en el tiempo y en los individuos.

Tal como puede observarse, la estimación indica valores significativos y positivos para todas las variables independientes, proporcionando una relación como,

$$y_{it} = 2.551407 + 0.2395382 \cdot \ln CLaboral_{it} + 0.0246511 \cdot \ln Capital_{it} + 0.5825252 \cdot \ln CMaterial_{it}$$

S.E.	(0.0236843)	(0.0093686)	(0.0191837)
T	(10.10)	(2.92)	(30.33)

Puede apreciarse como un incremento de 1 unidad del coste laboral aumenta el importe neto de cifra de negocios en 0.239 unidades, manteniendo el resto de variables constantes.

El cuadro anterior muestra los resultados de σ_u , σ_e y ρ . Éstos indican la parte de la varianza total que corresponde a la varianza de u . Cabe señalar que se da la correlación entre u y las variables explicativas, que en este caso concreto es muy distinta a cero, lo que revela una posición favorable hacia el modelo de EF.

Por último, puede realizarse el contraste de hipótesis sobre rendimientos constantes a escala. En este caso la hipótesis nula sería,

$$H_0: \beta_1 + \beta_m + \beta_c = 1$$

$$H_1: \beta_1 + \beta_m + \beta_c \neq 1$$

Se utilizaría el test F:

$$F = \frac{[R_{sr}^2 - R_r^2] / m}{[1 - R_r^2] / [n - k]} \quad [5.1]$$

La probabilidad de que el valor crítico sea menor que $F(3, 1280)$ en EF, para el 5% de significación, es de 0.000, por lo que se rechaza la hipótesis nula de rendimientos constantes a escala.

Si ahora, se efectúa la estimación por EF pero incluyendo como *dummies* la totalidad de las CC.AA, se obtienen resultados similares a la estimación anteriormente realizada con EF.

Cuadro 5.13. *Estimación por EF introduciendo la CC.AA como variable de control*

Inimpneto	Coefficiente	Error estándar	t	P>t
Incmaterial	0.4788971	0.0093197	51.26	0.000
Inclaboral	0.4097032	0.0135294	29.82	0.000
Incapital	0.0613237	0.0077628	8.97	0.000
Aragón	0.113267	0.0779925	1.49	0.148
Asturias	-0.0304376	0.1086723	-0.34	0.780
Castilla León	0.0879248	0.0776372	1.10	0.259
Castilla la Mancha	-0.2235423	0.1195359	-1.86	0.063
C.Valenciana	-0.0276847	0.061631	-0.42	0.654
Cantabria	0.025903	0.1932898	0.13	0.894
Cataluña	0.0461808	0.0556861	0.83	0.438
Extremadura	0.3174802	0.1374666	2.30	0.021
Galicia	0.0959862	0.0792254	1.12	0.227
La Rioja	-0.4861723	0.1618141	-3.00	0.003
Madrid	0.1775556	0.0603778	2.93	0.003
Navarra	0.4917545	0.1306328	3.76	0.000
País Vasco	0.0572162	0.0701283	0.92	0.416
R.Murcia	-0.0782599	0.0754998	-1.03	0.301
_cons	1.7714	0.0989366	17.79	0.000
Número empresas	1676			
F(17, 1661)	643.39	Prob > F	0.000	
R ²	0.8684			
R ² ajustado	0.8670			

Fuente: Elaboración propia

El modelo queda explicado en un 86.84%, con unos resultados de las elasticidades significativos. Mientras que las CC.AA que ocupan los lugares 5, 9, 11, 12 y 13 tienen unos resultados significativos a un 5% -estas comunidades corresponden a Castilla la Mancha, Extremadura, La Rioja, Madrid y Navarra, respectivamente.-

En cuanto al signo del coeficiente, las siguientes CC.AA muestran un signo negativo: Asturias, Castilla la Mancha, Comunidad Valenciana, La Rioja y Región de Murcia. No obstante, el resto de Comunidades presentan un signo positivo esperado.

Respecto al resultado del test F, concluimos que no existen rendimientos constantes a escala incluyendo las *dummies* CC.AA.

5.2.3.3. Efectos Aleatorios

Por último, se definen los Efectos Aleatorios, donde este estimador propone que el componente individual en la estimación no sea fijo, sino aleatorio, lo que implica que no se encuentra correlacionado con las variables explicativas del modelo.

Así, permite incorporar variables explicativas observadas que son constantes en el tiempo, situación que no puede plantearse en un modelo con EF. La estimación mediante EA ha sido utilizada por Roberts y Tybout (1997) y Bernard y Wagner (2001).

El siguiente Cuadro 5.14 muestra los resultados obtenidos a partir de la estimación del modelo de EA, donde la variable control es el individuo (empresa).

Cuadro 5.14. *Estimación por EA*

lnimpneto	Coefficiente	Error estándar	z	P>z
lnmaterial	0.5223735	0.0126324	41.32	0.000
lnlaboral	0.3592136	0.0159439	22.27	0.000
lncapital	0.0426544	0.0071557	5.92	0.000
_cons	1.981798	0.1301151	15.15	0.000
sigma_u	0.3541129			
sigma_e	0.29378957			
Rho	0.59230541			
Wald chi2(3)	4588.39			
R-sq:	within =	0.5132		
	between =	0.8898		
	overall =	0.8589		

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la utilización de datos de panel para la estimación de la función de producción, es necesario determinar cuál de los métodos será el más eficiente. Para ello se utiliza la prueba del multiplicador de Lagrange para EA de Breusch y Pagan, donde la H_0 es que $\sigma^2 = 0$. Si se rechaza la hipótesis nula indica que existe una diferencia entre MCO y EA, y por tanto, es preferible utilizar el método de EA.

Cuadro 5.15. *Test de Breusch y Pagan*

Resultados Estimados	Var.	sd = sqrt(Var)
lnimpneto	1.570073	1.253025
e	0.0863123	0.2937896
u	0.1253959	0.3541129

Test: $\text{Var}(u) = 0$

chibar2(01) = 921.70

Prob > chibar2 = 0.0000

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos, se muestra que se rechaza la hipótesis nula en base al *p-value*, así los EA u_i son relevantes y, por tanto, es preferible usar esta estimación.

En este caso el test de Breusch-Pagan permite decidir qué modelo (MCO o EA) es el más adecuado con respecto a nuestro panel de datos. El resultado del test indica claramente la selección del EA para la correcta estimación del modelo. Aun así, se realizará una valoración de qué estimador, ya sea EA o EF, es el más adecuado.

Para ello se llevará a cabo un test de validación, donde la hipótesis nula planteada requiere testar si el supuesto de no correlación entre el componente individual y las variables explicativas se da. En el caso de que la hipótesis se cumpla, esto implica que el estimador de EA es consistente y eficiente. Para probarla se aplica el test de Hausman, obteniendo el siguiente Cuadro 5.16,

Cuadro 5.16. *Test de Hausman*

---- Coeficientes ----

	(b) fijos	(B) aleatorios	(b-B) Diferencia	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
Incmaterial	0.522373	0.522373	0.060495	0.0144431
Inclaboral	0.359213	0.3592136	-0.118673	0.0174458
Incapital	0.042654	0.0426544	-0.021623	0.0051079

b = consistente bajo H_0 y H_a ; obtenido desde xtreg

B = inconsistente bajo H_a , eficiente bajo H_0 ; obtenido desde xtreg

Test: H_0 : diferencia en coeficientes no sistemáticos

$$\chi^2(3) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 59.22$$

$$\text{Prob}>\chi^2 = 0.000$$

Fuente: Elaboración propia

La H_0 se rechaza con un nivel de significación del 1%; es decir, la diferencia entre los coeficientes de EA y EF sí es sistemática. Por lo tanto, conviene usar el método de EF.

5.2.3.4. Conclusiones de las estimaciones de la función de producción

El Cuadro 5.17 muestra un resumen de los resultados obtenidos a partir de las estimaciones del modelo por los tres métodos propuestos. Puede corroborarse que los sesgos de las diferentes metodologías y los resultados son estadísticamente significativos.

Cuadro 5.17. *Comparativa de MCO, EF, EA; variable dependiente: logaritmo del importe neto de cifra de negocios*⁶⁰

Variable	MCO	EF	EA
Lnlab	0.4213131	0.2395382	0.3592136
S.E.	0.0127413	0.0236843	0.0159439
Sig.	0.000	0.000	0.000
LnCap	0.0600333	0.0246511	0.0426544
S.E.	0.0076282	0.0093686	0.0071557
Sig.	0.000	0.004	0.000
LnCMat	0.47765	0.5825252	0.52223735
S.E.	0.0092269	0.0191837	0.0126321
Sig.	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

Todos los parámetros muestran un efecto positivo sobre la variable dependiente. Los resultados revelan valores estadísticamente significativos para los tres escenarios propuestos.

La circunstancia dada en estos resultados indica que los rendimientos obtenidos parecen estar muy poco asociados a la inversión, ya que la elasticidad producto del capital es baja frente a la de los otros factores en los tres escenarios. La explicación para este fenómeno reside en el hecho que, en los años previos (2000-2004) al período 2007-2011, la variable inversión en el sector químico ha sido decreciente (FEIQUE, 2004).

El resultado de estos rendimientos a primera vista no resulta sorprendente, debido a que el período muestral seleccionado coincide

⁶⁰ Lnlab: logaritmo natural de personal, LnCap: logaritmo natural del capital, LnCMat: logaritmo del coste de material.

con una época de contracción de la economía internacional. Los resultados obtenidos por la prueba F indica que podemos rechazar la H_0 de la existencia de rendimientos constantes a escala. Esta situación puede estar ocasionada por la inestabilidad generada en los años de crisis económica internacional, a pesar del incremento del volumen de exportaciones netas dada en el sector durante el período 2000-2013 (FEIQUE, 2013).

Los resultados alcanzados sobre los rendimientos tienen también un fuerte nexo con respecto a la mano de obra, ya que la elasticidad producto del personal ocupado bajo el supuesto de EF arroja un resultado de 0.239.

La elasticidad de la variable trabajo se encuentra acorde con la realidad del sector, ya que la media de asalariados valorado en miles de personas contratadas para los años 2000-2013 toma valores negativos del -4.8% (FEIQUE, 2013). Si bien el personal calificado, entendiendo éste como personal investigador, ha tenido un crecimiento del 13% acumulado en el período 2000-2012 (FEIQUE, 2013). Éstos son parte importante del aporte al comportamiento de la elasticidad producto del trabajo y, por tanto, a las modificaciones de la PTF.

Del mismo modo, las elasticidades producto del trabajo, capital y coste material son bajas. Éstas recogen el efecto porcentual de un cambio de 1% en cada variable explicativa en los valores medios de la distribución. En cualquiera de los escenarios planteados, se encuentra que el modelo puede explicar un elevado porcentaje de la variabilidad de la variable endógena.

Si bien, al realizar una comparativa entre los sesgos de los parámetros obtenidos en las tres estimaciones, se obtiene que la metodología de

MCO muestra un sesgo positivo, es decir, se encuentra sobrevalorado frente a la estimación de la elasticidad trabajo.

Para el caso de la elasticidad producto del capital, el MCO de nuevo presenta un sesgo hacia arriba con respecto al resto de metodologías. Finalmente, para el caso del sesgo de la elasticidad producto del coste de material, observamos una conducta contraria con respecto a las elasticidades anteriores, como sería el caso de MCO, dónde tiene un comportamiento subvalorado. No obstante, los EF presentan una situación sobrevalorada por encima de MCO y EA.

Así, en base a los resultados presentados, los parámetros estimados por la metodología de MCO sesgan las estimaciones de las elasticidades de manera sobredimensionadas (con la excepción del coste material), situación similar dada en la metodología de EA, ya que el coste laboral y capital se encuentran sobrevalorados.

Tratada esta cuestión, puede concluirse que la estimación de la PTF por MCO y EA mostraría productividades más elevadas para la gran mayoría de los factores productivos.

Finalmente, para comprobar la utilización de las diferentes metodologías planteadas con sus respectivas elasticidades, se realiza, en el siguiente epígrafe, la estimación de la PTF con cada uno de los valores obtenidos.

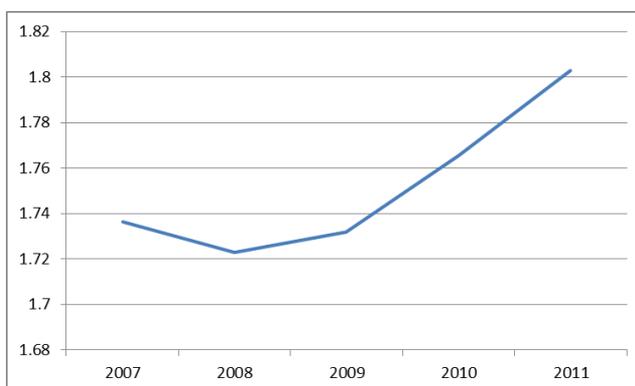
5.3. Estimación de la PTF

En el epígrafe anterior se ha comparado la heterogeneidad existente entre los resultados obtenidos a partir de los métodos utilizados para la estimación de las elasticidades de la función de producción Cobb-Douglas.

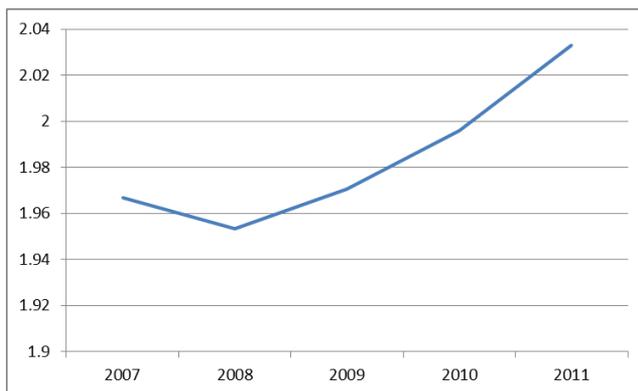
Es necesario estimar la PTF para poder complementar un análisis de la dinámica de la productividad, tanto a nivel de empresa como a nivel agregado. Es decir, se plantea la estimación de la PTF de acuerdo con la ecuación [4.9] (ver pág. 129) con respecto a los parámetros estimados anteriormente bajo los modelos de MCO, EA y EF.

La Figura 5.3 muestra los resultados obtenidos de la estimación de los tres modelos de manera gráfica.

Mínimo Cuadrado Ordinario (MCO)



Efectos Aleatorios (EA)



Efectos Fijos (EF)

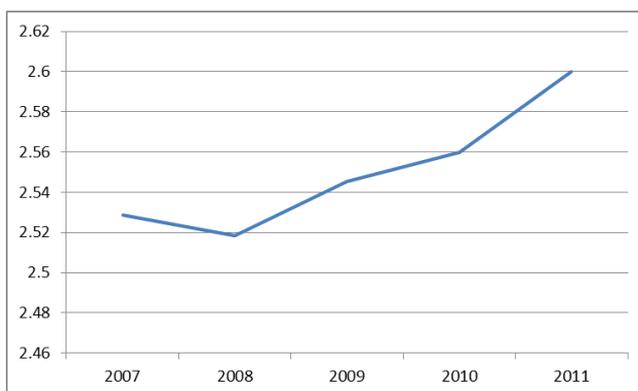


Figura 5.3. Resumen de la tendencia PTF por los diferentes métodos para el período 2007-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

En base a los resultados obtenidos, se analiza la evolución de la dinámica de la productividad en el período temporal planteado -2007-

2011-, en la cual queda patente la existencia de dos etapas diferenciadas:

- La primera corresponde al período 2007-2008, donde existe un descenso del valor medio de la variable PTF.

En esta primera etapa el comportamiento tan irregular observado coincide con la primera fase de la crisis económica internacional. Existe un decremento promedio de la variable PTF en el sector alrededor del 1% para los EA y MCO.

Es destacable como la utilización de los EF parte de valores más altos (2.53) que con la realización de la estimación efectuada para MCO y EA (1.73 y 1.96, respectivamente).

- No obstante, a partir del año 2008 se evidencia un incremento constante de la PTF hasta el año 2011.

En esta segunda etapa se ha pretendido dar una respuesta a la previa situación negativa (primera etapa) mediante dos iniciativas (FEIQUÉ, 2013):

- a. Un importante repunte de las ventas del sector químico, sobretudo a partir del año 2009.
- b. Mayor apertura al mercado internacional.

Los valores de la estimación por las tres metodologías tienen un incremento considerable de la PTF. En este *lapso* temporal la productividad agregada incrementó en 3.8% para MCO, el 3.26% para los EA o, incluso, el 1.21% para los EF.

El Cuadro 5.18 evidencia la evolución de la variable PTF a nivel agregado a lo largo de los años propuestos, así como por cada una de las metodologías utilizadas (MCO, EF y EA).

Cuadro 5.18. *Media de PTF por metodología y año*

Año	PTF_{MCO}	PTF_{EA}	PTF_{EF}
2007	1.73647	1.966736	2.528611
2008	1.722761	1.953428	2.528611
2009	1.731771	1.970593	2.518456
2010	1.765523	1.995945	2.545476
2011	1.802911	2.033125	2.559758
Total	1.752487	1.984689	2.551407

Fuente: Elaboración propia

Tal como puede observarse, la evolución para cada escenario muestra un decremento del valor de la variable PTF para los años 2007 y 2008, paradójicamente, para los EF el sector muestra un punto de partida estancado pero de mayor valor que con respecto a los métodos alternativos.

El sector químico, a partir del año 2008, presenta un crecimiento para todos los métodos planteados. Una posible explicación para esta situación reside en la definición anteriormente dada sobre la sobredimensión de las elasticidades del coste laboral y capital en las metodologías de MCO y EA.

Los sesgos en las estimaciones a nivel factorial del sector químico español muestran que la mayoría de los parámetros están sesgados hacia arriba frente a los resultados arrojados por EF.

5.3.1. Estimación de la PTF mediante EF

En base al resultado obtenido por el test de Hausman, se selecciona el método de EF para la estimación de la PTF. Así, se realiza la estimación media de la variable por años, lo que permite evaluar su evolución y tendencia en los años objeto de estudio.

Así, el Cuadro 5.19 determina la existencia de dos etapas:

- Primera: años 2007-2008, estancamiento del crecimiento de la variable.
- Segunda: años 2008-2011, fluctuación y crecimiento de los valores medios de la PTF.

Cuadro 5.19. *Media de la PTF EF por años*

Año	Media
2007	2.528611
2008	2.528611
2009	2.518456
2010	2.545476
2011	2.559758
Total	2.551407

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar como el valor medio del total de los años de la PTF es positivo (2.5514). No obstante, el valor medio de la productividad del sector químico no muestra un valor elevado, pero indica que el sector ha sabido rectificar su tendencia negativa y superar la crisis económica (FEIQUE, 2013).

La Figura 5.4 muestra gráficamente los resultados obtenidos en el Cuadro 5.19.

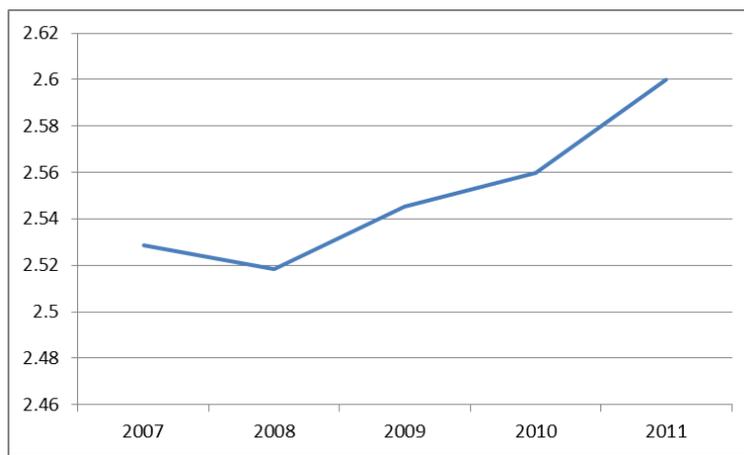


Figura 5.4. Media de la PTF (años).

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Con la realización de la distribución de manera desagregada, es decir, por individuo o empresa, se certifica que la tendencia es similar a lo largo del período. No obstante, puede observarse que existen empresas que tienden hacia los extremos ya sean bien positivos o negativos.

Para realizar la representación gráfica se utiliza el estimador *lowess*, el cual utiliza la función kernel para la realización de la ponderación. Así, el estimador *lowess* minimiza la función objetivo:

$$\min_{m_0} = \sum_{i=1}^N K \left(\frac{x_i - x_0}{h} \right) (y_i - m_0)^2 \quad [5.2]$$

La Figura 5.5. muestra la relación entre la variable PTF con respecto a individuo para cada año de la muestra.

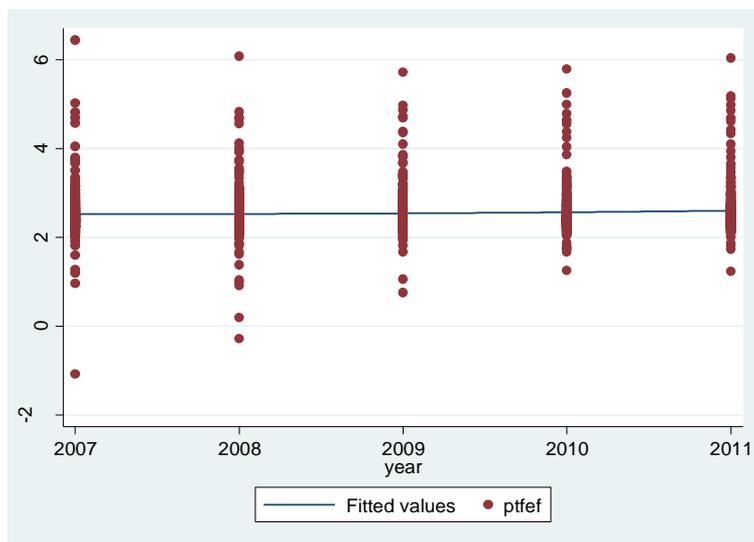


Figura 5.5. PTF EF por año y empresa.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Mediante la representación gráfica de la variable PTF por EF, puede conocerse su significatividad, ya que permite observar si existe una correcta distribución de la variable. En este caso, se propone el histograma, que divide el espacio posible de los valores de la variable en intervalos de igual distancia. La siguiente figura muestra el histograma de la variable PTF, en el cual se observa una distribución próxima a la normalidad de la muestra.

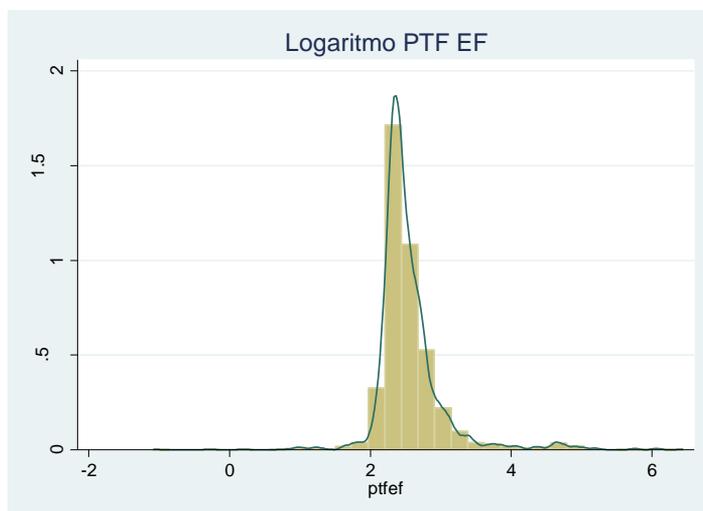


Figura 5.6. Histograma PTF para estimador EF.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

5.4. Productividad por volumen de trabajadores

5.4.1. Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño empresarial

En este apartado se analiza la variable PTF con respecto al tamaño empresarial. Es decir, se valora la presencia de una mayor productividad en base a la coyuntura del volumen de trabajadores por empresa.

Para ello, debe distribuirse primero por cohortes de tamaño empresarial que, tal y como se ha indicado anteriormente, (Capítulo 3, pág. 196), son cuatro:

Cuadro 5.20. *Tamaño empresarial*

Tipo de empresa	Nº trabajadores
Microempresas	0-9
Pequeñas Empresas	10-49
Medianas Empresas	50-199
Grandes Empresas	Más de 199

Fuente: Elaboración propia

Así la muestra queda distribuida como:

Cuadro 5.21. *Frecuencias de cohortes de trabajadores*

Número de trabajadores	Frec.	Porcent	Acum.
Microempresas	59	3.52	3.52
Pequeñas empresas	477	28.46	31.98
Medianas empresas	781	46.59	78.57
Grandes empresas	359	21.43	100.00
Total	1676	100.00	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de SABI y AMADEUS

Los resultados exponen que el porcentaje más elevado de empresas de la muestra analizada corresponde a las medianas empresas, con un total de 46.59%. Las pequeñas empresas son las que siguen con un valor notablemente menor, 28.46%.

Estos resultados permiten concluir que el total de las PyMEs, para la muestra analizada, son las que tienen un peso específico más elevado

(78.57%). En cuanto al porcentaje de las grandes empresas corresponde al 21.43% con respecto al total.

Esta situación concuerda con la realidad de la economía española, donde la mayoría de empresas que conforman el tejido industrial del país son las correspondientes a las PyMEs (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2014).

En este caso se pretende ver cuál es la cohorte con una mayor PTF a nivel agregado. Se resumen los resultados en el siguiente Cuadro 5.22, donde se obtienen los valores medios de la variable PTF EF por grupo.

Cuadro 5.22. *Media PTF EF por cohorte de trabajadores*

Cohortes trabajadores	Resumen PTF EF		
	Media	Desv. Std.	Frec.
Microempresas	2.798751	0.854816	55
Pequeñas empresas	2.405037	0.435258	465
Medianas empresas	2.529187	0.526336	797
Grandes empresas	2.752432	0.406156	359
Total	2.551407	0.509705	1676

Fuente: Elaboración propia

La variable PTF EF con la media más elevada corresponde al segmento de las microempresas (de 0-9 trabajadores), con un valor medio de PTF de 2.7987, seguida de las grandes empresas (más de 199 trabajadores): 2.7524.

En la siguiente Figura 5.7 podemos observar cómo quedan distribuidas las empresas en base a la media de PTF EF por cohorte de trabajador.

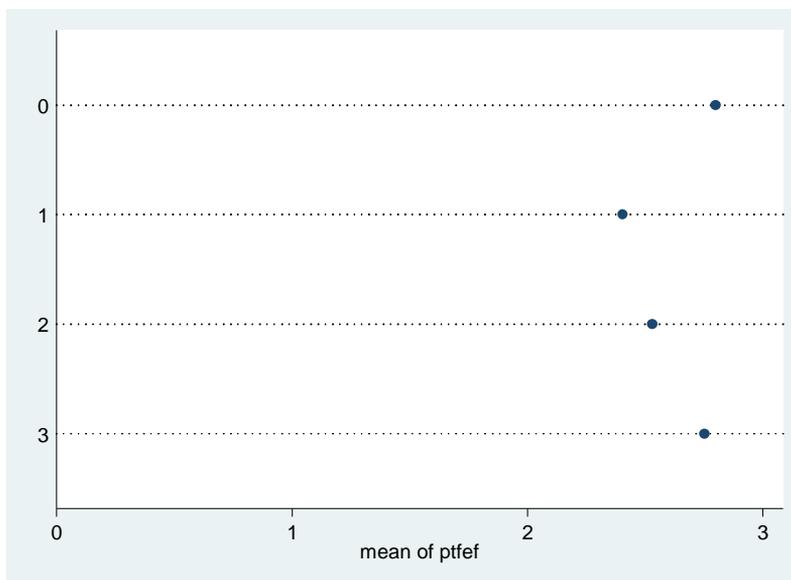


Figura 5.7. Distribución de la PTF EF por cohorte trabajador⁶¹.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

5.4.2. Relación causal entre PTF y tamaño empresarial

El interés de esta sección se centra en conocer si existe una relación positiva entre el volumen de trabajadores y la productividad empresarial.

Para resolver esta hipótesis se utiliza el contraste de Kolmogorov-Smirnov. Para la realización de dicho test, es necesario dividir la muestra en una variable dicotómica. Por tanto, para éste caso se distribuye en:

⁶¹ Donde los valores numéricos representan: 0 microempresa; 1 pequeña empresa; 2 mediana empresa y, por último, 3 gran empresa.

- Toma el valor 0 para empresas con un volumen de trabajadores de 0 a 199, donde se incluye la totalidad de las PyMEs.
- Toma el valor 1 para empresas con un volumen mayor de 199 trabajadores, correspondiente al grupo de grandes empresas.

Una vez realizado el test de Kolmogorov-Smirnov se obtiene el siguiente Cuadro 5.23.

Cuadro 5.23. *Test Kolmogorov-Smirnov PTF EF con respecto al tamaño empresarial*

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.4886	0.000	
1	-0.0129	0.910	
K-S Combinado:	0.4886	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se comprueba que la hipótesis nula se rechaza con un nivel de significancia del 0.000. Por tanto, se confirma que los valores aquí observados con referencia a las frecuencias para cada grupo son diferentes de las frecuencias teóricas de la distribución normal.

Por tanto, parece confirmarse la existencia de una relación causal entre un mayor volumen de trabajadores con un mayor índice de PTF, llegando a una conclusión similar a la dada en Imrogorogu y Tüzel (2013).

5.5. Productividad de las CC.AA

Al querer realizar una aproximación a la variación de la variable PTF a nivel agregado, ésta choca con la realidad de la existencia de disparidades económicas regionales a nivel CC.AA, que se mantienen tanto a nivel empresarial como geográfico. Así, en este apartado, se analizan las diferencias de la dinámica regional existente para la variable PTF.

Por tanto, pretende realizarse una comparativa entre las diferentes CC.AA con respecto a la estimación de la PTF EF, donde se obtiene el siguiente Cuadro 5.24.

Cuadro 5.24. *Medias de las PTF EF por CC.AA*

CC.AA	Media	Desv.Std.
Andalucía	2.4415262	0.28253024
Aragón	2.5740123	0.42607978
Asturias	2.5449008	0.56544879
C León	2.4997907	0.44950473
C. La Mancha	2.1753453	0.28264577
C. Valenciana	2.4680974	0.32041735
Cantabria	2.4129263	0.56252197
Cataluña	2.5605496	0.49733376
Extremadura	2.5162876	0.21901794
Galicia	2.480043	0.47973681
La Rioja	1.7703587	1.3272801
Madrid	2.714158	0.60436509
Navarra	3.2428885	1.68482
País Vasco	2.5394302	0.33359275
R. Murcia	2.4007721	0.19362051

CC.AA	Media	Desv.Std.
Total	2.551407	0.50970463

Fuente: Elaboración propia

El análisis del cuadro anterior refleja dos valores descriptivos como son la media y la desviación estándar de la variable PTF, permitiendo determinar comparativamente cuáles son las CC.AA con un mayor valor medio de la variable objeto de estudio.

Tanto en el Cuadro 5.24 como en la Figura 5.8 puede comprobarse qué CC.AA tienen unos mayores índices productivos y cuales un menor valor. En este caso, Navarra se destaca por encima del resto de CC.AA, con un valor de 3.24, seguida de Madrid tomando el valor 2.714.

Históricamente las CC.AA de Cataluña, Madrid y País Vasco son aquellas que tienen un mayor tejido industrial, tal como se ha podido comprobar en capítulos anteriores (Capítulo 3, pág. 138). Paradójicamente, dos de estas CC.AA no son aquellas con un mayor índice de PTF. Para el sector químico se sitúan dentro de los valores medios obtenidos de 2.55 o ligeramente superior en el caso de Cataluña.

Por último, se destacan los valores que toman La Rioja y Castilla la Mancha, siendo las CC.AA que peor resultado medio obtienen de las 15 analizadas, posiblemente debido a su falta de tejido industrial en el sector químico (ver pág. 224).

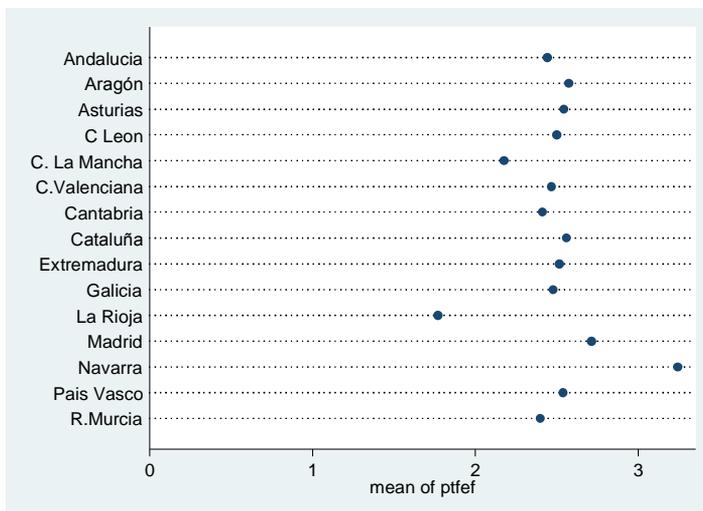


Figura 5.8 Media de la PTF por CC.AA.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

El Cuadro 5.25 muestra la estadística descriptiva (media, desviación estándar y frecuencia de la variable) de cada una de las CC.AA, distribuyéndola por cada uno de los años de la muestra. Este cuadro permite hacer notar la evolución de la productividad a nivel agregado.

Cuadro 5.25. PTF por CC.AA y año

CCAA		Año					Total
		2007	2008	2009	2010	2011	
Andalucía	Media	2.4139	2.3607	2.3648	2.4958	2.5697	2.4415
	Desv.Std.	0.30558	0.30991	0.24323	0.25723	0.28107	0.28253
	N	12	15	17	17	15	76
Aragón	Media	2.55791	2.6325	2.516	2.7077	2.4621	2.5740
	Desv.Std.	0.23700	0.51052	0.30815	0.6429	0.26291	0.42607
	N	9	11	14	14	14	62
Asturias	Media	2.6676	2.5192	2.34	2.6173	2.6158	2.5449
	Desv.Std.	0.95421	0.5671	0.66803	0.34887	0.37884	0.56544
	N	4	5	5	5	4	23
C León	Media	2.4007	2.3392	2.5903	2.5767	2.5556	2.499
	Desv.Std.	0.39601	0.51555	0.39971	0.45148	0.49138	0.44950
	N	11	12	14	14	12	63
C. La Mancha	Media	1.9302	2.1081	2.2277	2.3096	2.1939	2.175
	Desv.Std.	0.64464	0.25735	0.08087	0.12825	0.08124	0.28264
	N	3	3	4	5	3	18
C.Valenciana	Media	2.4661	2.5292	2.4535	2.429	2.4725	2.4680
	Desv.Std.	0.1952	0.3907	0.4674	0.22296	0.2002	0.3204
	N	31	38	45	46	40	200
Cantabria	Media	1.2729	2.6024	2.525	2.6893	2.6934	2.4129
	Desv.Std.	0	0	0	0	0.0088	0.5625
	N	1	1	1	1	2	6

CCAA		Año					Total
		2007	2008	2009	2010	2011	
Cataluña	Media	2.580	2.4880	2.556	2.5502	2.6307	2.5605
	Desv.Std.	0.53369	0.41613	0.4645	0.47854	0.58075	0.4973
	N	125	139	149	156	141	710
Extremadura	Media	2.4887	2.566	2.5360	2.4789	2.4953	2.5162
	Desv.Std.	0.33441	0.27563	0.29047	0.19084	0.23450	0.2190
	N	2	3	3	3	2	13
Galicia	Media	2.5443	2.2110	2.4953	2.5265	2.6327	2.480
	Desv.Std.	0.2534	0.88154	0.29793	0.32489	0.24858	0.4797
	N	8	12	12	15	12	59
La Rioja	Media	-1.0826	1.3113	2.0952	2.3861	2.7151	1.7703
	Desv.Std.	0	1.58	0.23255	0.1657	0.43334	1.3272
	N	1	2	2	2	2	9
Madrid	Media	2.6909	2.6888	2.7166	2.7214	2.7490	2.714
	Desv.Std.	0.6582	0.54674	0.62163	0.58041	0.63919	0.6043
	N	44	50	53	56	50	253
Navarra	Media	2.3841	3.6828	3.48	2.985	3.2018	3.2428
	Desv.Std.	0	2.081	1.9344	1.893	1.9207	1.6848
	N	1	3	3	4	4	15
País Vasco	Media	2.4967	2.6895	2.5089	2.5339	2.4608	2.5394
	Desv.Std.	0.19957	0.57461	0.2177	0.2698	0.2264	0.3335
	N	17	20	22	21	19	99
R. Murcia	Media	2.3450	2.4285	2.4222	2.4139	2.3884	2.4007
	Desv.Std.	0.15280	0.21325	0.2046	0.1858	0.2179	0.1936
	N	13	14	15	14	14	70
Total	Media	2.5286	2.5184	2.5454	2.5597	2.6000	2.551
	Desv.Std.	0.53819	0.52767	0.4857	0.4759	0.5274	0.5097
	N	282	328	359	373	334	1676

Fuente: Elaboración propia

Existen Comunidades donde la variación de la productividad es más irregular que otras. Por ejemplo, la variación de la PTF agregada en el País Vasco, no sigue una línea tendencial positiva o negativa, sino que tiene indicios de “dientes de sierra” aunque siempre se mueve en valores positivos.

Otras CC.AA tienen tendencias negativas, como es el caso de la Comunidad Valenciana o bien Extremadura, mientras que en otras zonas la tendencia es claramente creciente como es el caso de Madrid.

Con el fin de establecer una analogía en la naturaleza de la relación de la media de la PTF para cada CC.AA para el período 2007-2011, se procede a continuación al análisis de los valores.

La Figura 5.10 divide las CC.AA por zonas geográficas. Donde se fraccionan en cuatro zonas delimitadas por:

- Zona Sur: Andalucía, Extremadura y Región de Murcia.
- Zona Centro: Castilla León, Castilla la Mancha y Madrid.
- Zona Levante: Aragón, Cataluña y C.Valenciana.
- Zona Norte: Asturias, Cantabria, Galicia, La Rioja, Navarra y País Vasco.

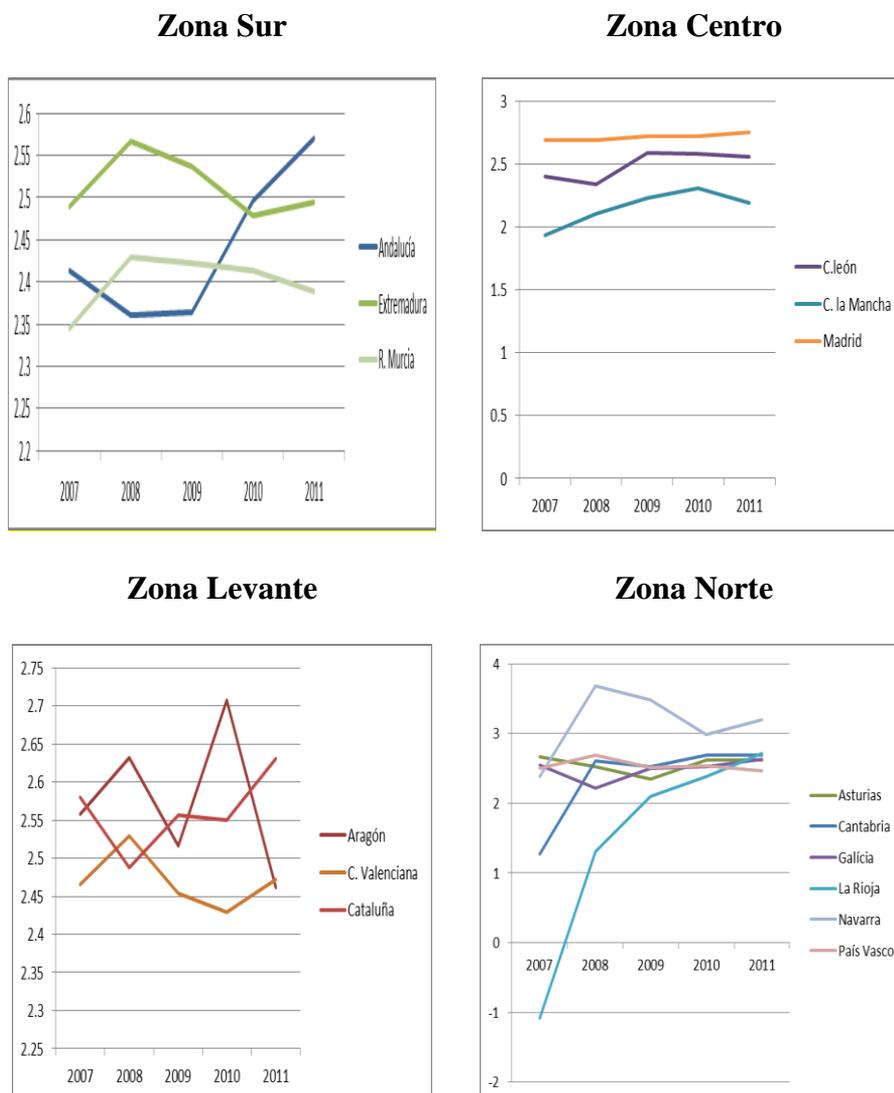


Figura 5.9. Media de PTF por año y por Zona Geográfica.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Tal como puede apreciarse, la zona Norte es la que empieza con valores medios menores, exceptuando el caso de Navarra, que a lo largo del período objeto de estudio toma posiciones determinantes.

Si bien la zona Norte es la que sufre menor divergencia de los valores medios de la PTF en el año 2011, se observa cierta homogeneidad de valores al final de período.

Cabe destacar también la zona Sur, donde la tendencia es claramente creciente, teniendo en cuenta la existencia de un “bache” en el transcurso del año 2008 al 2009.

La zona Levante es la que sufre una mayor inestabilidad en cuanto a los valores medios de la PTF a lo largo del período objeto de estudio, sobretodo en el caso de Aragón.

Por último, la zona Centro es la que tiene una tendencia más estable tomando unos baremos menos extremos entre las diferentes CC.AA que integran dicha zona. Así, ésta zona tiene un notable crecimiento medio de la variable PTF, no obstante, existe la excepción el traspaso del año 2010 al 2011 donde existe una clara disminución.

Si se realiza la línea tendencial media, ésta toma valores crecientes en todas las zonas de estudio, exceptuando el caso de la zona Levante que la tendencia es claramente decreciente y con mayor inestabilidad a lo largo del período, tal y como puede observarse en la Figura 5.10.

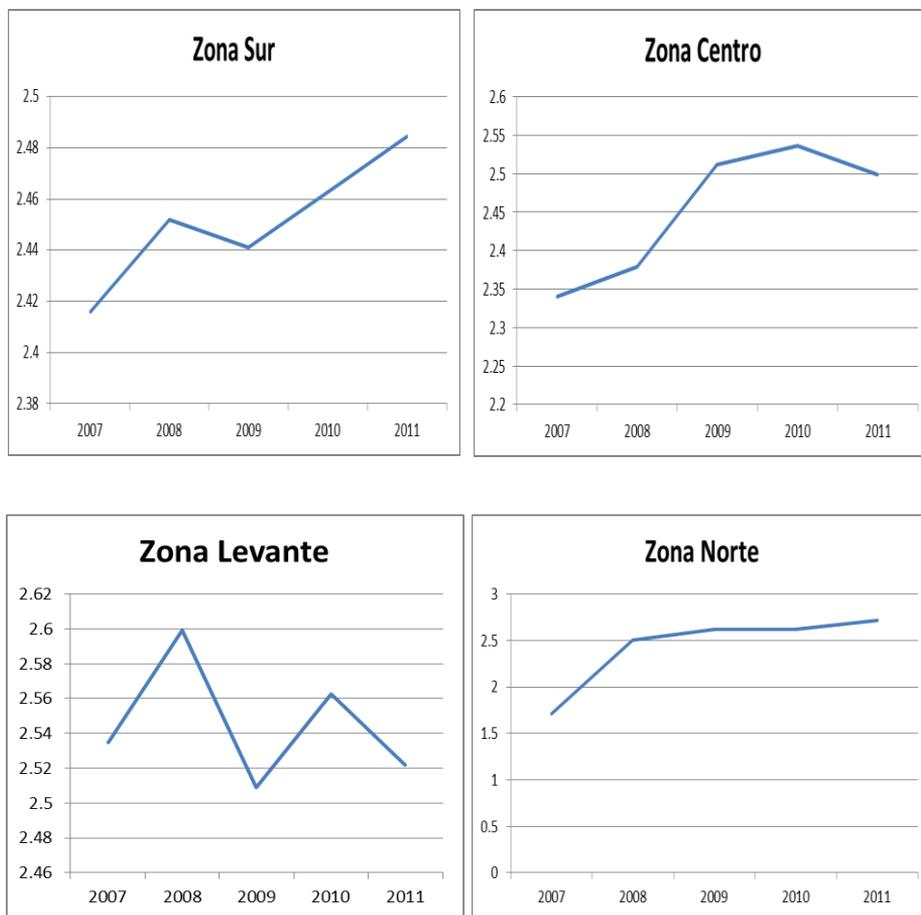


Figura 5.10. Media PTF tendencial por años 2007-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

En esta sección se ha planteado el análisis exploratorio de la productividad de las empresas del sector químico español a nivel agregado ya sea bien por CC.AA, o bien por zonas geográficas agrupadas. Los resultados obtenidos destacan sobretodo una tendencia

creciente a partir del año 2007 en casi todas las CC.AA y zonas geográficas agregadas.

Sin duda, estos resultados, con las limitaciones impuestas de la determinación de las variables utilizadas, así como el número total de empresas exploradas, apuntan hacia la tesis más habitual de que la crisis internacional ha afectado de una manera similar a todas las zonas geográficas en cuanto a la PTF (FEIQUE, 2013).

Asimismo, es destacable el comportamiento por zonas geográficas vecinas. Es decir, la tendencia en cuanto al valor medio de productividad que siguen, ya que es similar entre zonas. La única zona que tiene diferentes variabilidades de productividad es la zona norte, que es la que tiene mayor número de CC.AA. Sería necesario realizar un estudio más acotado para poder ver el motivo de esta disparidad.

5.6. Conclusiones

La realidad empírica sobre la variable productividad correspondiente al sector químico español, ha evidenciado cambios significativos en su tendencia a largo plazo causado sobre todo por una situación de ajuste de la economía española. Ésto se debe a que a lo largo del crecimiento dado en los últimos años, se han ido acumulando una serie de desequilibrios importantes a nivel exterior, por ejemplo, déficit comercial, pérdida de competitividad nacional por la variación de los precios, entre otros (Folgado Blanco, 2009).

Por tanto, en este trabajo se ha planteado el estudio de la evolución de la productividad a nivel tanto desagregado como agregado durante el período que comprende unos años de crisis económica, como son del 2007 al 2011.

A partir de los resultados obtenidos de las estimaciones de la función de producción Cobb-Douglas, se han encontrado los sesgos de los parámetros para las diversas metodologías de estimación que se han planteado a lo largo del capítulo. Puede decirse que a nivel agregado (industria química), el método MCO tiende a sobrestimar y / o subvalorar las elasticidades producto de los factores frente a los obtenidos por medio de los EF. Situación que se repite en la estimación las elasticidades con el método de EA en relación a EF, donde se encuentran estimaciones sobredimensionadas.

Puede concluirse, por tanto, que la estimación de la PTF por los métodos de MCO y EA mostraría productividades más elevadas para la gran mayoría de los factores productivos. Para todos los métodos, los resultados de las estimaciones dan valores significativos.

Una vez realizada la estimación de las elasticidades se efectúa la estimación de la PTF a partir de la metodología tradicional de EF. Posteriormente, se realiza una comparativa entre los tres métodos seleccionados obteniendo unos resultados similares.

Frente a la estimación de la PTF por medio de EF los resultados muestran la existencia de dos sub-períodos temporales. En un primer período *ad portas* de la crisis económica, que corresponde al 2007-2008, se denota un estancamiento de la capacidad productiva a nivel agregado, mientras que en una segunda etapa, existe un crecimiento de la variable PTF correspondiente al curso 2009-2011.

Cabe subrayar que el análisis realizado en este trabajo no se encuentra exento de restricciones debido a las limitaciones de las bases de datos, ya que por ejemplo, no existe información sobre inversión o innovación, tanto en el sector como a nivel de empresa, dificultando así la construcción de un indicador completo de la PTF.

Utilizar la base de datos SABI nos permite concluir que el sector químico se encuentra representado por una amplia variedad de tamaños de empresa (microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas). Concretamente, el mayor porcentaje de empresas corresponde a las microempresas seguidas de las grandes. Asimismo, al contrario de lo que cabría esperar, la existencia de un mayor volumen de trabajadores por empresa no experimenta una mayor PTF de manera tendencial en base a lo experimentado en esta tesis.

En cuanto a la posición del tamaño empresarial se demuestra que las micro y grandes empresas tienen un mayor índice de PTF que las medianas y pequeñas empresas. El gran volumen de empresas que forman las PyMEs del sector químico español o del tejido industrial nacional confirma este resultado.

En cuanto a la hipótesis sobre la PTF agregada por división en zonas geográficas, ya sea mediante CC.AA o bien zonas geográficas vecinas, pueden extraerse diferentes conclusiones. Una primera, viene determinada; a que las Comunidades Autónomas con una mayor productividad son Navarra y Madrid, respectivamente, al contrario de la tesis habitual sobre que las CC.AA con un valor medio de PTF son Cataluña y País Vasco, que en este caso conforman Comunidades con valores medios.

CAPITULO 6

Productividad Total de los Factores e Internacionalización de las empresas del sector químico español

En este capítulo se analiza la relación existente entre la variable productividad y la posición internacional de la empresa: *learning-by-exporting* y/o *self-selection*. Para ello se aplican diversos análisis estadísticos Epps-Singleton (1986), Kolmogorov-Smirnov (Delgado *et al.* 2002) y Wilcoxon-Mann-Whitney (Carifio y Perla, 2008), así como un modelo de elección binaria. Por último, se analiza si existe una relación positiva entre el tamaño empresarial, la PTF y la posición internacional de las empresas.

6.1. Introducción

Existe una amplia bibliografía donde se constata que las empresas exportadoras son más productivas que las no exportadoras, y que, por tanto, una PTF elevada lleva hacia la internacionalización (Bigsten *et al.* 2004; Wagner, 2007). No obstante, existe un conjunto de trabajos que plantean la situación contraria (Park *et al.* 2010), en los cuales se argumenta que este fenómeno también puede ser el resultado de una causalidad que va desde la internacionalización hacia una mejora de la productividad. Ambos supuestos han sido denominados en la literatura como:

- Autoselección o *self-selection*.
- Aprendizaje por exportar o *learning-by-exporting*, respectivamente.

Si bien es cierto que la exportación es un importante puntal en la internacionalización de las empresas, no debe olvidarse la existencia de otros factores como, por ejemplo, la Inversión Extranjera Directa (Barba-Navaretti *et al.* 2004). En este campo se encuentran dos grupos principales: la inversión directa o bien la indirecta. Estos se clasifican como:

- *Shareholders*⁶².
- *Subsidiaries*⁶³.

⁶² Se entiende como *Shareholders* al accionista o titular de acciones de una empresa.

⁶³ Las *Subsidiaries* son las empresas filiales, que aun teniendo responsabilidad jurídica y autonomía financiera, depende de una sociedad matriz poseedora al menos del 51% de su capital.

La existencia de una dualidad en los diferentes sub-sectores que conforman el sector químico español viene determinada por la capacidad de expandir la productividad de las empresas mediante:

- El crecimiento de empleo y/o
- La capacidad de absorción de nuevas tecnologías que aporta la internacionalización de la empresa y otros factores de competencia.

Este segundo argumento hace referencia al debate existente en la literatura sobre si las empresas mejoran su productividad una vez inician su actividad internacional, o bien, si el incremento de la productividad implica una expansión fuera de las fronteras nacionales (Wagner, 2007).

Por tanto, el análisis planteado en este capítulo viene determinado por el estudio de la relación entre la orientación, tanto exportadora como inversora, y la productividad. Así mismo, se explora si la correlación existente entre productividad e internacionalización es consistente con la hipótesis de autocorrelación o bien con la de aprendizaje.

Para demostrar estas hipótesis, primero se obtiene la PTF de la empresa i en el período de tiempo t (ver capítulo 5). Una vez realizada la estimación de la productividad se efectúan diferentes análisis estadísticos para determinar si las empresas internacionales del sector químico español son más productivas que las empresas domésticas⁶⁴.

Este capítulo analiza la relación de la variable PTF con respecto a la internacionalización de las empresas. La estructura del capítulo es la

⁶⁴ Son consideradas *empresas domésticas* aquellas que no realizan ninguna actividad internacional, mientras que las organizaciones que sí se internacionalizan se detallan como empresas internacionales, ya sean exportadoras o bien inversoras.

siguiente: en los apartados 6.2. se contrasta la hipótesis de la existencia de una relación causal entre productividad las empresas y posicionamiento en el mercado internacional, en el apartado 6.3. se plantea la hipótesis contraria; una vez la empresa se internacionaliza mejora su productividad. En el epígrafe 6.4. se compara como afecta la variable productividad teniendo en cuenta tanto el tamaño empresarial como su posición internacional (Yeaple, 2005). Por último, en el apartado 6.5. se plantean las principales conclusiones extraídas en el capítulo.

6.2. Internacionalización y productividad: *Self-Selection*

Este epígrafe analiza la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la variable PTF para aquellas empresas internacionalizadas y las que no venden en el mercado internacional.

6.2.1. Productividad empresarial e internacionalización: Exportación

Este apartado proyecta confirmar la hipótesis de la existencia de una relación entre productividad e internacionalización (exportación). En este caso, se realizan diferentes análisis estadísticos: test de Epps-Singleton, la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras y la suma de rangos de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Para analizar la relación existente entre una mayor PTF con respecto a la posición internacional de las empresas, primero, se define la variable binaria, donde toma el valor 1 si la empresa exporta y 0 si no exporta.

6.2.1.1. Test de Epps-Singleton

La utilización de este test permite contrastar la hipótesis nula de que la distribución de una variable se ajusta a una determinada distribución teórica de probabilidad. En este caso, la hipótesis determina si las frecuencias de las categorías de la variable PTF se ajustan a una distribución uniforme con respecto a la variable exportación.

Los primeros resultados obtenidos una vez analizadas las diferencias en cuanto a la PTF entre exportadores y no exportadores, vienen determinados en el siguiente Cuadro 6.1.

Cuadro 6.1. *Test Epps-Singleton empresa exportadora*

Tamaño de la muestra:	exportación = 0	493
	exportación = 1	1183
	total	1676
t1		0.400
t2		0.800
Valor crítico para W2 en:	10%	7.779
	5%	9.488
	1%	13.277
Test estadístico W2		18.577
H ₀ : distribuciones idénticas		
<i>P-value</i>		0.00095

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Epps-Singleton muestra los valores necesarios de la W2 para la significación al 10%, 5% y 1%. En este caso, la prueba estadística proporciona un resultado de $W2 = 18.577$, dando por tanto un valor más alto que el necesario para la significación del 13.277 al

nivel del 1%: el valor p es de 0.00095%. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula de que ambos grupos tienen una distribución semejante. Así, se demuestra que la PTF afecta a la empresa a la hora de realizar exportación, es decir, la empresa que tiene un mayor valor de PTF se posiciona en el mercado internacional mediante la exportación.

6.2.1.2. Test de Kolmogorov-Smirnov

Para corroborar el resultado obtenido en la prueba de Epps-Singleton, se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, el cual traza la comparativa de la función de distribución empírica de la muestra con la función de distribución que se propone para describir los datos. Para contrastar la hipótesis nula de bondad de ajuste, la prueba de Kolmogorov-Smirnov se basa en la comparación de dos funciones de distribución (o función de probabilidad acumulada).

El Cuadro 6.2 muestra los resultados una vez realizado el Test de Kolmogorov-Smirnov.

Cuadro 6.2. *Test Kolmogorov-Smirnov empresa exportadora*

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.0834	0.008	
1	-0.0674	0.042	
K-S Combinado:	0.0834	0.016	0.013

Fuente: Elaboración propia

Los resultados ofrecen, en primer lugar, las diferencias más extremas entre las frecuencias acumuladas empíricas y las teóricas (las más grandes de las positivas, la más pequeña de las negativas y la más grande de las dos en valor absoluto). Por tanto, la hipótesis nula viene determinada por si existe homogeneidad entre las distribuciones de

frecuencia, mientras que en la hipótesis alternativa se da el caso contrario para cada tipo de empresa por separado (si realiza exportación o no).

En este caso, la hipótesis nula se rechaza de manera combinada a un nivel de 0.013 (menor que 0.05). Así, existen diferencias significativas entre las empresas que exportan y las que no realizan dicha actividad, confirmando el resultado obtenido en la prueba de Epps-Singleton.

Por lo que se refiere a las empresas exportadoras (toma valor 1) y no exportadoras (valor 0), deducimos la misma situación que el Kolmogorov-Smirnov combinado, rechazamos la hipótesis nula ya que son valores inferiores al *p-value* de 0.05, concretamente toma para 1 (empresa exportadora) el valor *p-value* de 0.042 y para 0 (empresa no exportadora) el *p-value* de 0.008.

6.2.1.3. Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney

Para buscar un apoyo cuantitativo a los test anteriores, se aplica la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. Este test agrupa las dos muestras en un solo grupo e intenta comprobar si la suma de los rangos de un grupo es igual o no a la del otro. Por tanto, en él se identifican diferencias entre dos poblaciones basadas en el análisis de dos muestras independientes, cuyos datos han sido medidos, al menos, en una escala ordinal.

Así, en el siguiente Cuadro 6.3 se determina el valor obtenido para la realización de la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney para el caso de una empresa exportadora.

Cuadro 6.3. *Test de Wilcoxon-Mann-Whitney empresa exportadora*

Exportación	obs	suma rango	esperado
0	493	398645	413380.5
1	1183	1006681	991945.5
combinado	1676	1405326	1405326
Varianza no ajustada		81504855	
Ajuste resultados		-0.10387544	
Varianza ajustada		81504855	
H ₀ : ptfef(exportsión==0) = ptfef(exportsión==1)			
	z =	-1.632	
	Prob > z =	0.1026	

Fuente: Elaboración propia

La prueba bilateral no revela diferencias significativas ($p = 0.1026$) entre el comportamiento de aquellas empresas que exportan y las que no realizan la actividad internacional. Así, como p es mayor que 0.05 no podemos rechazar la hipótesis nula, por lo que asumimos que nuestra variable sigue una distribución normal. Al ser significativo al 10%, rechazamos la hipótesis nula a este valor.

Por lo tanto, se concluye que las dos muestras definidas por la variable exportación proceden de poblaciones distintas. Así, puede afirmarse que existen diferencias estadísticamente significativas en la media de la productividad según si la empresa exporta o no.

6.2.2. Productividad empresarial e internacionalización: Inversión Extranjera Directa

Si bien, la actividad internacional también puede medirse mediante la inversión, esta puede evaluarse según las variables *Shareholders* y

Subsidiaries. Por tanto, se incluyen ambas variables en el análisis de la relación existente entre productividad e IED.

Para demostrar la hipótesis aquí planteada, la cual hace referencia a si existe una relación directa entre a mayor PTF la empresa se internacionaliza, proponemos dos casos diferenciados de internacionalización: *Shareholders* y *Subsidiaries*, a partir de las cuales se desarrollará el análisis. Para ello se utilizan los test anteriormente citados.

6.2.2.1. Test Epps-Singleton

Aplicando la prueba de Epps-Singleton se obtienen los siguientes resultados para las empresas que tienen actividad internacional mediante *Shareholders*. Dónde:

- 1 indica que la empresa realiza actividad *Shareholders*, y
- 0 no realiza actividad internacional.

Cuadro 6.4. *Test Epps-Singleton empresa inversora (Shareholders)*

Tamaño de la muestra:	share = 0	75
	share = 1	1601
	total	1676
t1		0.400
t2		0.800
Valor crítico para W2 en:	10%	7.779
	5%	9.488
	1%	13.277
Test estadístico W2		40.582
H ₀ : distribuciones idénticas		
<i>P-value</i>		0.00000

Fuente: Elaboración propia

El valor del estadístico de prueba de Epps-Singleton es igual a 40.582, el cual resulta ser un valor por encima del necesario para la significación del 13.277 al nivel del 1%.

Así, la prueba de Epps-Singleton encuentra una diferencia significativa entre las distribuciones de la productividad entre empresas que realizan *Shareholders* y las que no. Lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que ambos grupos tienen una igual distribución.

Por último, se tiene en consideración aquellas empresas que tienen *Subsidiaries*. Para ello se evalúa la variable de manera dicotómica: donde 1 es que realiza actividad y 0 no realiza actividad, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 6.5. *Test Epps-Singleton empresa inversora (Subsidiaries)*

Tamaño de la muestra:	subs = 0	758
	subs = 1	918
	total	1676
t1		0.400
t2		0.800
Valor crítico para W2 en:	10%	7.779
	5%	9.488
	1%	13.277
Test estadístico W2		26.431
H ₀ : distribuciones idénticas		
<i>P-value</i>		0.0003

Fuente: Elaboración propia

La interpretación de los resultados es similar al caso de las *Shareholders*, ya que el valor obtenido para la prueba de W2 = 26.431, es menor que el necesario para la significación al nivel del 1%. En base a este resultado se concluye que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de productividad entre ambos grupos de empresas.

6.2.2.2. Test Kolmogorov-Smirnov

La constatación de la hipótesis de self-selection también puede aplicarse mediante la utilización de la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov, tanto para la variable *Shareholders* como para las empresas que realizan *Subsidiaries*. En el primer Cuadro 6.6 se muestra el resultado de las *Shareholders*, y en el Cuadro 6.7, para la variable *Subsidiaries*.

Cuadro 6.6. *Test Kolmogorov-Smirnov empresa inversora (Shareholders)*

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.1587	0.027	
1	-0.0235	0.924	
K-S combinado:	0.1587	0.054	0.040

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6.7. *Test Kolmogorov-Smirnov empresa inversora (Subsidiaries)*

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.1316	0.000	
1	-0.0289	0.501	
K-S Combinado:	0.1316	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

En el caso de aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, puede afirmarse que, con respecto a la opción de *Shareholders* se rechaza la hipótesis nula a un nivel de 5% -el *p-value* es de 0.040 el cual se encuentra $p < 0.05$ -.

Para el caso de *Subsidiaries* se rechaza la H_0 , ya que el *p-value* combinado es de 0.000, que es $p < 0.05$. Por lo que se asume que la variable productividad no sigue una distribución normal para ambos grupos analizados (exportadora o no).

El resultado obtenido en la prueba de Kolmogorov-Smirnov indica una distribución no normal entre la productividad empresarial y la

internacionalización mediante ambas posibilidades de internacionalización.

6.2.2.3. Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney

Asimismo, para buscar un apoyo cuantitativo a las pruebas de Epps-Singleton y el test de Kolmogorov-Smirnov, se aplica la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney, cuyos resultados para empresas que realizan actividad mediante *Shareholders*, aparecen en el Cuadro 6.8.

Cuadro 6.8. *Test de Wilcoxon-Mann-Whitney empresa inversora (Shareholders)*

<i>Shareholders</i>	obs	suma rango	esperado
0	75	55785	62887.5
1	1601	1349541	1342438.5
combinado	1676	1405326	1405326
Varianza no ajustada	16780481		
Ajuste resultados	-0.02138621		
Varianza ajustada	16780481		
$H_0: \text{ptfef}(\text{share}==0) = \text{ptfef}(\text{share}==1)$			
$z =$	-1.734		
Prob $> z =$	0.0829		

Fuente: Elaboración propia

Dicha prueba bilateral revela una distribución normal entre la variable productividad y la internacionalización mediante *Shareholders*, siendo *P-value* superior a 0.05 ($p = 0.0829$), por tanto, no queda demostrada que haya una clara diferencia entre las frecuencias de aquellas empresas que utilizan el *Shareholders* y las que no.

Cuadro 6.9. *Test de Wilcoxon-Mann-Whitney empresa inversora (Subsidiaries)*

<i>Subsidiaries</i>	obs	suma rango	esperado
0	758	597142	635583
1	918	808184	769743
combinado	1676	1405326	1405326
Varianza no ajustada	97244199		
Ajuste resultados	-0.12393475		
Varianza ajustada	97244199		
H_0 : $ptfef(subs==0) = ptfef(subs==1)$			
$z =$	-3.898		
Prob $> z =$	0.0001		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney para las empresas que realizan *Subsidiaries*, puede observarse la existencia de diferencias significativas con una probabilidad del 0.01% por lo que rechazamos la hipótesis nula que nuestra variable sigue una distribución normal.

6.2.3. Principales conclusiones de los test Epps-Singleton, Kolmogorov-Smirnov y Wilcoxon-Mann-Whitney

En este apartado, se pretende resumir los principales resultados obtenidos en los epígrafes anteriores para poder lanzar luz sobre la hipótesis planteada de autoselección.

En el Cuadro 6.10 se encuentran resumidos los principales resultados obtenidos de los tres test aplicados para cada una de las variables de internacionalización planteadas.

Cuadro 6.10. *Resumen de los resultados obtenidos para Epps- Singleton, Kolmogorov-Smirnov y Wilcoxon-Mann-Whitney*

	Epps- Singleton	Kolmogorov- Smirnov	Wilcoxon- Mann-Whitney
Exportación	0.00095*	0.013*	0.1026**
<i>Shareholders</i>	0.0000*	0.040*	0.0829**
<i>Subsidiaries</i>	0.0003*	0.000*	0.0001*

*P-value: 0.05 **P-value: 0.10

Fuente: Elaboración propia

Tal y como puede comprobarse en el cuadro anterior, para los tres test aplicados para la variable *Subsidiaries* se rechaza la hipótesis nula. Por tanto, existe una relación entre una mayor productividad valorada en PTF, y su posición internacional valorada en *Subsidiaries*.

Para las otras dos variables analizadas, exportación y *Shareholders*, los resultados muestran la misma lógica aplicando los test de Epps-Singleton y Kolmogorov-Smirnov, pero no es así si aplicamos el test de Wilcoxon-Mann-Whitney. No obstante, mayoritariamente parece que podemos afirmar la existencia de autoselección en el sector químico español. Si bien, al 10% encontramos resultados significativos, tanto para exportación como para *Shareholders*.

6.3. Regresión Logística: *Learning-by-exporting*

En esta sección se analiza la hipótesis alternativa a la autoselección, es decir, si las empresas, una vez internacionalizadas, mejoran su productividad (*learning-by-exporting*). Para ello se determina un

modelo de regresión logística (modelo *Logit*, ver Capítulo 4, pág. 190), cuya base es que la variable dependiente es dicotómica (*logit*), definiéndola como:

- 1 realiza actividad internacional (exportación o IED).
- 0 no realiza actividad internacional (exportación o IED).

Como variable independiente puede utilizarse cualquier característica cuantitativa del individuo, en este caso la PTF de la empresa. Por tanto, la regresión logística nos permitirá estimar la probabilidad de que se dé la hipótesis planteada (en este caso, si la empresa mejora su PTF una vez se ha internacionalizado).

El epígrafe se divide según los tres grupos de estudio: en el apartado 6.3.1. se analiza la exportación, en el 6.3.2. se emplaza el estudio de las empresas con *Shareholders* y, por último, en el 6.3.3. encontramos el análisis de las empresas con *Subsidiaries*.

6.3.1. Exportación

Tomamos primero la variable internacionalización mediante exportación, de manera que al realizar la regresión logística se obtienen el Cuadro 6.11.

Cuadro 6.11. *Modelo Logit con empresa exportadora y la PTF*

Exportación	Coefficiente	Error estándar	z	P>z
ptfef	-0.17573	0.1022571	-1.72	0.086
_cons	1.325221	0.2680734	4.94	0.000
Log likelihood	-1013.9128	Prob > chi2	=	0.0880

Fuente: Elaboración propia

La realización de la regresión muestra que el coeficiente estimado presenta un signo negativo (-0.17573), por tanto, revela que existe una relación inversa entre exportación y mejora de la PTF. Así mismo, el valor del estadístico resulta no significativo (Prob. = 0.086 > 0.05), por tanto, no rechazamos la hipótesis nula.

Existe una prueba de hipótesis sobre los coeficientes de un modelo *logit* tras la estimación: el test de Wald, con el que puede comprobarse si el coeficiente de la variable productividad empresarial es significativamente diferente de 0.

Cuadro 6.12. *Test de Wald*

(1) [exportación] ptfef =	0
chi2 (1) =	2.95
Prob > chi2 =	0.0857

Fuente: Elaboración propia

En este caso, la prueba de Wald indica si el coeficiente de la variable PTF tiene realmente un efecto sobre el hecho de que la empresa tenga actividad internacional o no mediante la exportación. El test da un *chi2* de 2.95, y una probabilidad de 0.0857, por lo que, el coeficiente de la PTF es significativo.

La realización de la regresión logística binaria, permite la obtención de la prueba de Hosmer y Lemeshow, que permite evaluar la bondad del ajuste del modelo.

Cuadro 6.13. *Prueba de Hosmer-Lemeshow para exportación*

Nº de observaciones	=	1676
Nº de grupos	=	10
Hosmer-Lemeshow chi2(8)	=	48.67
Prob > chi2	=	0.000

Fuente: Elaboración propia

Cuando se realiza la prueba de Hosmer y Lemeshow puede observarse como sí existe significatividad entre las variables planteadas, ya que se obtiene un *p-value* del Test de 0.0000, que es menor a 0.05.

6.3.2. *Shareholders*

Así mismo, si se tiene en consideración la opción alternativa de internacionalización como es la variable *Shareholders* (donde se toma el valor 1 si realiza actividad internacional mediante *Shareholders*, o 0 si no realiza dicha actividad) se obtiene la siguiente regresión (Cuadro 6.14):

Cuadro 6.14. *Modelo Logit con empresa inversora (Shareholders) y la PTF*

<i>Shareholders</i>	Coefficiente	Error estándar	z	P>z
ptfef	0.4415941	0.2635763	1.68	0.094
_cons	1.954751	0.6598306	2.96	0.003
Log likelihood	-304.81772	Prob > chi2	=	0.0854

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar la no significancia de la variable PTF EF con respecto al modelo aquí planteado. Sin embargo, en este caso, el coeficiente

muestra un valor positivo (0.4415) a diferencia de la exportación, que mostraba un valor negativo.

Por otro lado, la utilización del Test de Wald o la prueba de hipótesis para la variable productividad con la variable dicotómica *Shareholders* muestra el siguiente resultado (Cuadro 6.15).

Cuadro 6.15. *Test de Wald*

(1) [share] ptfef =	0
chi2 (1) =	2.81
Prob > chi2 =	0.0939

Fuente: Elaboración propia

El test da un chi2 de 2.81, mientras que para un grado de libertad tiene una probabilidad de 0.0939. Por tanto, el coeficiente PTF es igual a 0.

El Cuadro 6.16 muestra los resultados obtenidos por la prueba de Hosmer-Lemeshow, donde se obtiene un resultado muy similar al observado con respecto a la variable exportación, con lo que puede afirmarse que existe un resultado no significativo: la hipótesis nula queda rechazada.

Cuadro 6.16. *Prueba de Hosmer-Lemeshow para Shareholders*

Nº de observaciones	=	1676
Nº de grupos	=	10
Hosmer-Lemeshow chi2(8)	=	13.97
Prob > chi2	=	0.0827

Fuente: Elaboración propia

6.3.3. *Subsidiaries*

El último escenario planteado hace referencia a las empresas que utilizan la variable *Subsidiaries* para la internacionalización, para las cuales se obtienen los siguientes resultados del modelo *Logit*, Cuadro 6.17.

Cuadro 6.17. *Modelo logit con empresa inversora (Subsidiaries) y la PTF*

<i>Subsidiaries</i>	Coefficiente	Error estándar	z	P>z
ptfef	0.1274248	0.0978144	1.30	0.193
_cons	-0.1333509	0.2539436	-0.53	0.599
Log likelihood	-1150,7103	Prob > chi2	=	0.1898

Fuente: Elaboración propia

Tal como ha sucedido con la regresión logística, teniendo en cuenta la variable exportación en el caso de *Subsidiaries*, la Pseudo R^2 toma un valor pequeño (0.00045), del mismo modo que el coeficiente toma un valor positivo, pero no significativo.

Una vez realizada la estimación de la función se efectúa la prueba de hipótesis del test de Wald, el cual nos indica el efecto que tiene la productividad de las empresas en al participación de éstas en el mercado internacional mediante los Shareholders. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 6.18. *Test de Wald*

(1) [subs] ptfef =	0
chi2 (1) =	1.70
Prob > chi2 =	0.1927

Fuente: Elaboración propia

Por último, se lleva a cabo la prueba de Hosmer y Lemeshow obteniendo el Cuadro 6.19.

Cuadro 6.19. *Prueba de Hosmer-Lemeshow para Subsidiaries*

Nº de observaciones	=	1676
Nº de grupos	=	10
Hosmer-Lemeshow $\chi^2(8)$	=	38.04
Prob > χ^2	=	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar como el resultado de la *p-value* es inferior a 0.05, rechazando así la H_0 planteada en el modelo con la variable *Subsidiaries*.

6.4. Comparativa entre PTF con respecto al tamaño empresarial y posición internacional de la empresa

Otro análisis interesante de testar hace referencia a la comparativa entre los diferentes tamaños empresariales con respecto a su posición internacional, tomando la PTF como variable que anexa ambos grupos (Yeaple, 2005).

En este caso se inicia la comparativa de estas variables tomando como variable internacionalización la exportación, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 6.20. *Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño y posición internacional: Exportación*

Cohortes trabajadores	exportación		Total
	No	Si	
	2.6441287	2.9478502	2.7987506
Microempresas	1.101776	0.4954871	0.85481579
	27	28	55
	2.4253013	2.394607	2.4050365
Pequeñas empresas	0.61821231	0.30142871	0.43525777
	158	307	465
	2.5911032	2.5060214	2.5291867
Medianas empresas	0.70547236	0.43956098	0.52633568
	217	580	797
	2.8284847	2.7266082	2.7524321
Grandes empresas	0.4352811	0.39329261	0.406156
	91	268	359
	2.5846868	2.5375381	2.551407
Total	0.67722149	0.42024084	0.50970463
	493	1183	1676

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los resultados obtenidos nos indica que, a pesar de que el número de empresas que realizan exportación son mayoritarias en los cuatro grupos, la media de PTF es más elevada para aquellas empresas que no realizan actividad exportadora para todo tipo de empresa, excepto para las microempresas. Para este último grupo, las empresas que realizan exportación tienen un mayor índice de PTF.

El siguiente paso es realizar el mismo estudio para la IED: *Shareholders* y *Subsidiaries*. En este caso, se realiza la misma

comparativa de la media de la PTF con respecto al tamaño empresarial y la IED.

Cuadro 6.21. *Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño y posición internacional: Shareholders*

Cohortes trabajadores	Shareholders		Total
	No	Si	
	2.1253169	2.8241632	2.7987506
Microempresas	0.58735207	0.85678408	0.85481579
	2	53	55
	2.3475395	2.4095722	2.4050365
Pequeñas empresas	0.20095758	0.44838353	0.43525777
	34	431	465
	2.5229544	2.5293719	2.5291867
Medianas empresas	0.34161098	0.53098922	0.52633568
	23	774	797
	2.6410497	2.7576278	2.7524321
Grandes empresas	0.16137853	0.41343747	0.406156
	16	343	359
	2.458023	2.5557817	2.551407
Total	0.28248456	0.5175503	0.50970463
	75	1601	1676

Fuente: Elaboración propia

En relación al tamaño empresarial con respecto a la PTF, y a que la empresa tenga *Shareholders*, los resultados son divergentes por lo que se refiere a la exportación. En este caso, existe un valor medio superior con respecto a la variable PTF de todas aquellas empresas que sí realizan actividad internacional (*Shareholders*).

Por último, se analiza la relación entre PTF, tamaño empresarial y la variable *Susidiaries*. En el Cuadro 6.22 se contrasta que las micro y pequeñas empresas son aquellas que tienen un mayor índice de PTF en aquellas firmas que tienen *Susidiaries*, contrariamente al caso de las medianas y grandes empresas muestran una situación contraria.

Cuadro 6.22. *Comparativa entre la variable PTF con respecto al tamaño y posición internacional: Subsidiaries*

Cohortes trabajadores	<i>Subsidiaries</i>		Total
	No	Si	
	2.5179638	3.0327395	2.7987506
Microempresas	1.1102755	0.2858118	0.85481579
	25	30	55
	2.365709	2.4558268	2.4050365
Pequeñas empresas	0.35795081	0.51071376	0.43525777
	256	209	465
	2.5740105	2.4873004	2.5291867
Medianas empresas	0.362039912	0.41641164	0.52633568
	385	412	797
	2.8411387	2.7218665	2.7524321
Grandes empresas	0.53507663	0.34700288	0.406156
	92	267	359
	2.5335119	2.5661831	2.551407
Total	0.58231508	0.44061528	0.50970463
	758	918	1676

Fuente: Elaboración propia

Es destacable como el volumen de empresas tiene un reparto más equitativo en todos los segmentos analizados en la variable *Susidiaries*, si bien para la variable *Shareholders* no se da esta

situación, ya que existe mayor polarización hacia la existencia de una posición internacional en todas las cohortes.

6.5. Conclusiones

En este capítulo se ha planteado un enfoque metodológico basado en el análisis microeconómico, en el cual, utilizando conjuntamente las bases de datos SABI y AMADEUS, se ha trazado la hipótesis de si las empresas del sector químico español toman sus decisiones de internacionalización en base a sus niveles de productividad.

Los resultados obtenidos muestran que las decisiones de internacionalización se ven favorecidas por una mayor productividad empresarial dependiendo de la decisión de la primera variable, ya sea exportación o IED.

Puede constatarse como la variable productividad afecta positivamente a la exportación. Este efecto se comprueba con los resultados obtenidos mediante las pruebas de Epps-Singleton y Kolmogorov-Smirnov, si bien, al realizar la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney no obtenemos resultados significativos.

Al realizar el análisis sobre las empresas que optan por la opción de *Shareholders* para mejorar su posición internacional, encontramos una situación igual a la dada con la exportación: los test de Epps-Singleton y Kolmogorov-Smirnov dan resultados significativos, mientras que para Wilcoxon-Mann-Whitney el resultado muestra divergencia.

Por último, al tomar la variable *Subsidiaries*, los resultados muestran valores significativos en los tres test aplicados, por lo que podemos concluir que existe una relación entre a mayor productividad las empresas optan por utilizar este recurso de internacionalización.

A continuación, se analiza la hipótesis *learning-by-exporting* mediante la utilización del modelo *logit*, donde se han escogido las mismas variables de PTF estimada mediante EF, y las variables exportación, *Shareholders* y *Subsidiaries* tomándolas como variables dicotómicas.

Los resultados obtenidos demuestran que para los tres casos objeto de estudio, es decir, exportación, *Shareholders* y *Subsidiaries* los coeficientes son no significativos, por lo que podemos afirmar que no existe para el sector químico español, una mejora de la productividad empresarial una vez la empresa se ha internacionalizado.

Finalmente, debe señalarse que al esgrimir un panel de datos, la obtención de información permite controlar los efectos empresariales individuales y tomarlos de manera agregada en la conclusión final para la decisión de internacionalización de las empresas del sector.

Asimismo, al analizar la relación entre PTF con respecto al tamaño empresarial e internacionalización, se concluye que para el caso de exportaciones tienen un mayor índice de PTF las pequeñas, medianas y grandes empresas que no realizan actividad internacional. Sin embargo, para el caso de microempresas tienen un valor mayor de PTF aquellas que sí realizan exportación.

En cambio, para *Shareholders* independientemente de la tipología de empresa analizada, todas ellas tienen un valor medio de PTF más elevado que sí realizan la actividad internacional.

Por último, el caso de *Subsidiaries*, es el que muestra mayor variabilidad entre diferencias de tamaño empresarial, ya que las micro y pequeñas empresas tienen un valor medio mayor de PTF si sí realizan actividad internacional, mientras que para el caso de las

medianas y grandes empresas presentan valores mayores de PTF aquellas que no realizan actividad internacional.

CAPITULO 7

Modelo DEA: Estimación de la Eficiencia Técnica en el sector químico español para el período 2007-2011

Este capítulo pretende extender la experimentación realizada en los capítulos anteriores de la variable productividad sustituyéndola por la eficiencia técnica, para cuya estimación se utiliza el modelo del Análisis de Datos Envoltente (DEA). Asimismo, se relaciona la internacionalización de la empresa con respecto a la variable eficiencia técnica, y se evalúa la eficiencia con respecto al tamaño empresarial y las CC.AA.

7.1. Introducción

Para las empresas del sector químico español, la consecución de una buena posición competitiva determina el éxito en su participación en el mercado.

El objetivo de esta sección consiste en comparar el rendimiento de las diferentes empresas en el sector durante un período de tiempo determinado mediante la metodología DEA. Los resultados obtenidos permiten comprobar de manera cuantitativa y razonada cómo ha sido la evolución de la eficiencia empresarial durante los años 2007-2011; cuáles son las Comunidades Autónomas más eficientes; y qué tamaño empresarial deberían tomar como referencia aquellas empresas que no consiguieron ser eficientes.

Para la realización de la estimación de la ET se utiliza el software DEAP (Coelli, 1996), el cual ofrece la posibilidad de realizar análisis datos de panel. Asimismo, puede especificarse la orientación input u output del análisis, y el método de resolución, que puede ser de una etapa, dos etapas o bien multietápico.

En este capítulo, se estima una frontera eficiente de producción de las empresas del sector químico español para el período 2007-2011, con el fin de encontrar para cada empresa la combinación de inputs que permita maximizar la relación de producto por factor. Para ello, se ha dividido en tres partes fundamentales: un planteamiento general del problema, donde se analiza cuál es la naturaleza de las variables que componen del caso, así como las CC.AA con un mayor valor medio respecto a la eficiencia. Una segunda parte donde se analiza el impacto que tiene una mejora de la eficiencia en la entrada de las

empresas en el mercado internacional. Y, por último, qué influencia tiene el tamaño empresarial en la mejora de la eficiencia.

7.2 Modelo DEA

El primer obstáculo que se deriva a la hora de plantear el correcto cálculo de la eficiencia empresarial, es determinar cuáles son los inputs que verdaderamente se utilizan para conseguir los resultados esperados. Para ello, en esta investigación se han tenido en consideración los siguientes inputs, así como el output seleccionado.

Cuadro 7.1. *Análisis descriptivo de las variables utilizadas*

Variable	Obs	Media	Desv.Tip.	Min.	Max.
Output					
Inimpneto	1676	10.48121	1.25542	2.85819	15.38253
Inputs					
Incmaterial	1676	9.80863	1.52376	2.04252	17.41880
Inclaboral	1676	8.34549	1.20911	2.85359	13.61830
Incapital	1676	8.81078	1.79223	0.04879	13.79311
Inexport	1676	6.61333	4.49812	0	14.67981

Fuente: Elaboración propia

Así pues, se seleccionan aquellos factores que cumplen con los requisitos productivos, incluyendo la variable internacionalización (explicada mediante la exportación valorados en millones de euros).

Donde la media aritmética, obtenida para cada una de las variables, ha sido: importe neto de cifra de negocio: 10.48; coste de material: 9.81; coste laboral: 8.35; coste capital: 8.81 y, por último exportación: 6.61. Por otro lado, el total de individuos obtenidos se ha tenido que adaptar

para el cálculo de la eficiencia, siendo el total de 241 para los años 2007-2011.

7.2.1. Modelo DEA bajo el supuesto de rendimientos de escala constantes

En esta sección presentamos los resultados empíricos obtenidos a la hora de aplicar el método DEA bajo el supuesto de rendimientos de escala constantes (CRS), justificado con el argumento que las empresas no tienen ningún control sobre los rendimientos a escala en su producción (Banker, Charnes y Cooper, 1984).

A continuación, en el Cuadro 7.2 se muestran los resultados obtenidos de la variable eficiencia técnica dividido por cohortes. En cada división se encuentran distribuidas el número de empresas que toman estos valores.

Cuadro 7.2. Distribución número de empresas de la eficiencia por cohorte

Cohorte ET	Nº Empresas	%
≤ 0.80	6	2.49
0.80 - 0.90	188	78.01
0.90 - 0.99	29	12.03
1	18	7.47
Total	241	100

Fuente: Elaboración propia

La representación se ha efectuado en cuatro grupos o cohortes para las medidas de eficiencia, facilitando así su análisis. Las empresas del sector químico tienden a concentrarse en el intervalo comprendido entre 0.80 y 0.90, con un total de 78.01% respecto al conjunto de la

muestra. Este resultado implica que las DMU del sector muestran claramente que tienen un margen de mejora sustancial en cuanto al grado de eficiencia, es decir, que pueden mejorar la utilización de sus inputs, ya que las DMUs podrían ser más eficientes a la hora de utilizar los inputs (Avalos y de Aguirre, 2008).

No obstante, a nivel global se puede observar que hay pocas empresas que toman un valor igual o menor a 0.80, lo que nos permite afirmar que la media de eficiencia del sector económico es relativamente elevado.

Para poder determinar de manera más detallada lo referenciado anteriormente se realiza la siguiente Figura 7.1 donde se muestran las unidades empresariales o DMUs según su nivel de eficiencia. Las empresas se agrupan como sigue:

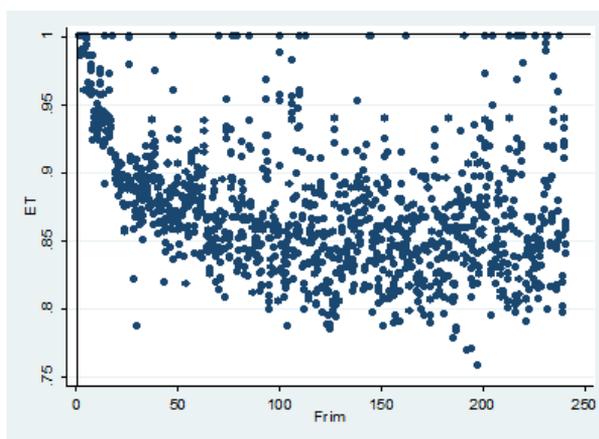


Figura 7.1. Frontera eficiente media por empresas.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Tal como se ha comentado en los párafos anteriores, la Figura 7.1 confirma la existencia de un claro margen de mejora respecto a la eficiencia técnica para el conjunto de empresas del sector químico español.

7.2.2. Comparativa entre CC.AA con respecto a la ET

A continuación se expone el modelo DEA que representa la comparativa, no solo entre empresas del sector económico, sino la relación existente entre CC.AA⁶⁵ respecto al índice de ET. Esta comparativa permite ver cuáles son las Comunidades con un mayor índice de (in)eficiencia de manera agregada o viceversa.

Analizando la evolución del número total de empresas por regiones durante el período objeto de estudio, existe un claro decremento en el tejido industrial español a partir del año 2009 (Garrido Yserte, Gallo Rivera y Martínez Gautier, 2015). Si bien, tal como se ha mostrado anteriormente (ver Capítulo 4), el sector químico ha tenido una evolución contraria, ya que el número de empresas ha ido aumentando en los últimos años.

A continuación se resume el total de observaciones del panel de datos para cada una de las CC.AA estudiadas (Cuadro 7.3.).

⁶⁵ Ahora bien, la realización de la comparativa de la variable ET con respecto a las provincias españolas no es posible debido a que una gran mayoría no tienen un volumen de empresas significativo y, por tanto, no se considera que la muestra sea representativa.

Cuadro 7.3. *Relación de observaciones por CC.AA*

CCAA	Frec.	Porcentaje	Acum.
Andalucía	55	4.56	4.56
Aragón	50	4.15	8.71
Asturias	15	1.24	9.96
C León	30	2.49	12.45
C. Valenciana	135	11.20	23.65
Cantabria	10	0.83	24.48
Cataluña	525	43.57	68.05
Extremadura	5	0.41	68.46
Galicia	50	4.15	72.61
La Rioja	10	0.83	73.44
Madrid	195	16.18	89.63
Navarra	10	0.83	90.46
País Vasco	65	5.39	95.85
R. Murcia	50	4.15	100.00
Total	1205	100.00	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que las CC.AA con un mayor volumen de empresas son Cataluña, Madrid y la Comunidad Valenciana. Éstas, en su conjunto suman un porcentaje total del 70.95%, mientras que las 11 CC.AA restantes suman tan solo el 29.05% restante.

Garrido Yserte *et al.* (2015) destacan como, para el período 2008-2010, las CC.AA de Región de Murcia, País Vasco y la Comunidad Valenciana, registraron las peores variaciones en cuanto a la variación del tejido industrial, con una pérdida neta del 10%. En contraste, las CC.AA de Madrid, Galicia, La Rioja, Castilla y León, son los

territorios con una menor variación de DMUs, si bien, toman valores negativos.

A continuación, se desarrollan las eficiencias medias obtenidas por cada CC.AA, en el Cuadro 7.4 y la Figura 7.2 se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 7.4. *Eficiencia técnica media por CC.AA*

CC.AA	Media	Desv. Tip.
Andalucía	0.880654	0.0532152
Aragón	0.88972	0.063856
Asturias	0.8834	0.041111
C León	0.866833	0.0382154
C. Valenciana	0.868637	0.0445819
Cantabria	0.8425	0.0297779
Cataluña	0.874135	0.0493735
Extremadura	0.8636	0.015678
Galicia	0.87938	0.05291
La Rioja	0.8427	0.0370047
Madrid	0.884487	0.0615625
Navarra	0.8507	0.0318958
País Vasco	0.880292	0.0519608
R. Murcia	0.885846	0.0558439
Total	0.876346	0.0520669

Fuente: Elaboración propia

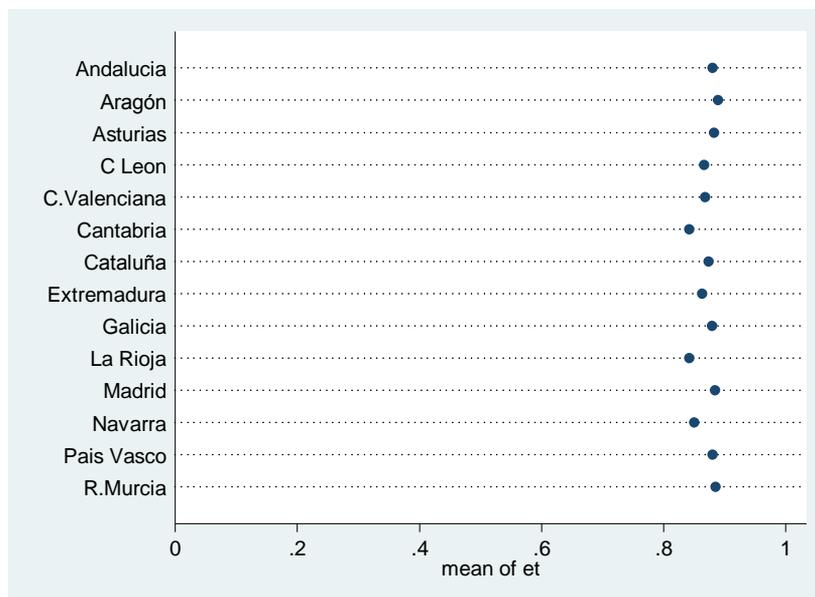


Figura 7.2. Eficiencia media por CC.AA.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

Puede observarse como las CC.AA de Aragón, Región de Murcia y Madrid son aquellas con un índice de ET por encima del valor medio, siendo éste de 0.88. Sin embargo, en esta ocasión solo una de las CC.AA con mayor número de empresas en el sector tiene, a su vez, un valor medio de eficiencia elevada, como es el caso de Madrid. No obstante, Cataluña y la Comunidad Valenciana quedan en posiciones medias-bajas dentro del conjunto de las Comunidades estudiadas, dando a entender así que el conjunto de sus empresas no son suficientemente eficientes y, tienen, en consecuencia, un cómputo mayor de empresas ineficientes.

Por el contrario, observamos cómo Cantabria, La Rioja y Navarra, poseen un grado de ineficiencia sensiblemente bajo. No obstante, cabe destacar que estas mismas CC.AA poseen una menor cantidad de empresas.

Con respecto a la evolución temporal de las diferentes CC.AA se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 7.5. *Eficiencia media por CC.AA y año*

CCAA	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Andalucía	0.87836 0.04956	0.88881 0.06012	0.88727 0.03454	0.87936 0.06869	0.86945 0.05514	0.88065 0.05321
Aragón	0.89220 0.08179	0.8858 0.05271	0.91089 0.05162	0.87440 0.07008	0.8853 0.06594	0.88972 0.06385
Asturias	0.87399 0.04303	0.88233 0.05714	0.88933 0.02318	0.87166 0.03055	0.89966 0.06672	0.88339 0.04111
C León	0.85566 0.01370	0.83933 0.03432	0.89116 0.02005	0.86050 0.02909	0.8875 0.05938	0.86683 0.03821
C. Valenciana	0.85996 0.03821	0.86833 0.03723	0.88981 0.03888	0.86337 0.05472	0.86170 0.04761	0.86863 0.04458
Cantabria	0.84599 0.03111	0.83149 0.04737	0.8705 0.02333	0.82749 0.03606	0.83699 0.02404	0.84249 0.02977
Cataluña	0.8729 0.0475	0.8760 0.0490	0.89035 0.03947	0.86435 0.05579	0.867 0.05023	0.87413 0.04937
Extremadura	0.866 0	0.85299 0	0.889 0	0.84899 0	0.861 0	0.86359 0.01567

CCAA	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Galicia	0.87670 0.05341	0.88150 0.04812	0.8938 0.04661	0.8700 0.061202	0.8749 0.06155	0.87938 0.05290
La Rioja	0.83849 0.04030	0.8450 0.056568	0.86149 0.04313	0.831 0.04666	0.83749 0.04879	0.84269 0.03700
Madrid	0.88202 0.06101	0.884948 0.063850	0.89848 0.05466	0.87876 0.06556	0.87820 0.06309	0.88448 0.06156
Navarra	0.84849 0.03181	0.84950 0.055861	0.87200 0.03818	0.829 0.01272	0.85450 0.03889	0.8507 0.03189
País Vasco	0.88684 0.05987	0.876923 0.057399	0.89592 0.04444	0.86961 0.04787	0.87215 0.05229	0.88029 0.05196
R. Murcia	0.89129 0.05946	0.8920 0.060269	0.89393 0.05159	0.87659 0.06331	0.8754 0.05267	0.88584 0.05584
Total	0.87452 0.05131	0.87674 0.05175	0.89235 0.042561	0.867759 0.057095	0.870340 0.053336	0.876346 0.052066

Fuente: Elaboración propia

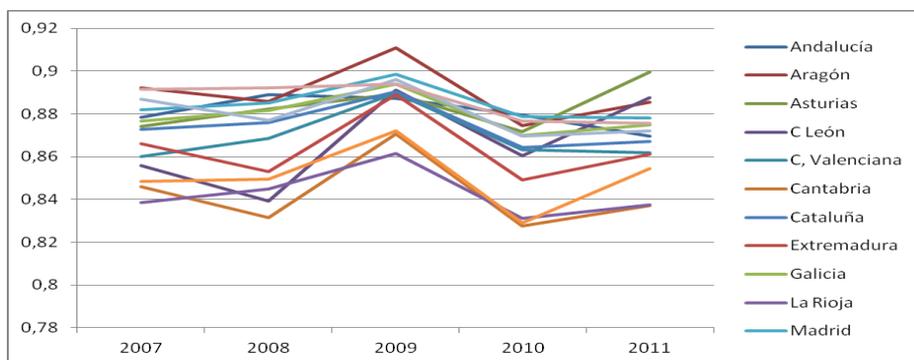


Figura 7.3. Tendencia de la eficiencia media por CC.AA.

Fuente: Elaboración propia a partir de SABI

En cualquier caso, resulta interesante observar que la gran mayoría de CC.AA tiende hacia un claro incremento en los años comprendidos entre el 2007 y el 2009. Sin embargo, existe la excepción para el caso de: Cantabria, Castilla León y País Vasco, que muestran un claro descenso para luego tener unos valores crecientes significativos.

En cualquier problema DEA desarrollado a lo largo de varios periodos es interesante analizar qué porcentaje de variaciones se han producido por el cambio con respecto a la eficiencia de las unidades.

Del cuadro anterior se deduce que todas las CC.AA tienen un resultante negativo en la variación porcentual interanual del año 2009 al 2010, siendo Cantabria y Navarra las que sufren un mayor impacto negativo. Por lo que se refiere a la tendencia, entre la gran mayoría de CC.AA es de convergencia, si bien Asturias, Castilla León y Navarra tienen una variación porcentual interanual positiva y mayor del año 2010 al 2011 con respecto al resto de CC.AA.

7.2.3. Comparativa de la variable ET incluyendo la variable internacionalización

Otro aspecto interesante que se deriva de esta investigación es el hecho de que la eficiencia es una variable que mantiene una influencia en la internacionalización de la empresa.

Este apartado analiza la relación existente entre la diferencia de la ET teniendo en cuenta que las empresas realizan:

- Exportación,
- *Shareholders*, y
- *Subsidiaries*.

Para aquellas empresas que participan en el mercado internacional se toma el valor 1, mientras que para aquellas que no, es 0. Para la realización de esta comparativa entre distribuciones se utiliza el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

El siguiente Cuadro 7.6 corresponde a los principales resultados obtenidos para las tres sub-divisiones anteriormente citadas.

Cuadro 7.6. *Test Kolmogorov-Smirnov para la variable eficiencia con: Exportación, Shareholders y Subsidiaries*

Exportación:

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.0415	0.442	
1	-0.0392	0.481	
K-S Combinado:	0.0415	0.809	0.786

Shareholders:

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.0939	0.429	
1	-0.1391	0.156	
K-S Combinado:	0.1391	0.312	0.253

Subsidiaries:

Grupo	D	P-value	Corregido
0	0.1531	0.000	
1	0.000	1.000	
K-S Combinado:	0.1531	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los cuadros anteriores exponen la comparación de la función de distribución empírica de la muestra con respecto a aquella función de distribución que se propone para describir los datos. En este caso, la hipótesis nula no se rechaza para la relación dada de la ET con respecto a la exportación y las *Shareholders* a un nivel de 0.786 y 0.253, respectivamente. Así, no existe una diferencia significativa del valor de ET entre las empresas que realizan exportación y *Shareholders* y las que no.

Sin embargo, para la actividad internacional con respecto a las *Subsidiaries* encontramos un resultado alternativo, rechazando la hipótesis nula para un nivel de 0.000. De este modo, sí existen diferencias significativas entre aquellas DMUs que tienen Subsidiarias y las que no.

Otro aspecto interesante analizado en esta sección viene determinado por el hecho de si existe una relación entre el tamaño empresarial y el efecto que las variables de internacionalización: exportación, *Shareholders* y *Subsidiaries* tienen sobre la ET. En el siguiente Cuadro 7.7 pueden observarse dichas correlaciones.

Cuadro 7.7. *Impacto del tamaño empresarial y exportación con respecto a la ET*

Exportación			
Cohorte trabajadores	0	1	Total
1 - 9	0.9290 0.05023 16	0.91846 0.04919 26	0.92247 0.04925 42
10 - 49	0.86561 0.04573 71	0.86791 0.05176 146	0.8671 0.04978 217
50 - 199	0.86875 0.05212 151	0.86855 0.04887 444	0.86860 0.04967 595
+ 199	0.88627 0.05129 87	0.89073 0.05270 264	0.88962 0.05232 351
Total	0.87572 0.05234 325	0.87657 0.05199 880	0.87634 0.05206 1205

<i>Shareholders</i>			
Cohorte trabajadores	0	1	Total
1 - 9	.	0.92247	0.92247
	.	0.04925	0.04925
	0	42	42
10 - 49	0.84549	0.86778	0.8671
	0.02339	0.05022	0.04978
	6	211	217
50 - 199	0.87924	0.8679	0.86860
	0.05484	0.04933	0.04967
	33	562	595
+ 199	0.87990	0.88994	0.88962
	0.02867	0.05290	0.05232
	11	340	351
Total	0.87534	0.87638	0.87634
	0.04808	0.05225	0.05206
	50	1155	1205

<i>Subsidiaries</i>			
Cohorte trabajadores	0	1	Total
1 - 9	0.91788	0.92372	0.92247
	0.05939	0.0471	0.04925
	9	33	42
10 - 49	0.85961	0.87552	0.8671
	0.04438	0.05414	0.04978
	114	103	217
50 - 199	0.86217	0.87488	0.86860
	0.0443	0.0537	0.04967
	294	301	595
+ 199	0.88100	0.8942	0.88962
	0.04568	0.05511	0.05232
	123	228	351
Total	0.86685	0.88405	0.87634
	0.04603	0.05534	0.05206
	540	665	1205

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se deduce que, mayoritariamente e independientemente del tamaño empresarial, las empresas del sector que se encuentran muy internacionalizadas tienen, a su vez, un mayor valor medio de ET. El único caso donde la situación se encuentra de manera inversa es el de las *Subsidiaries* y, concretamente, para el cohorte de 10-49 trabajadores.

Por otro lado, el índice de la ET correspondiente a los diferentes cohortes y si realizan internacionalización, indica que en referencia a:

- Exportaciones: Observamos como existe una gran disparidad entre las diferentes tipologías de empresas. Así, se encuentra que en las microempresas y las medianas empresas tienen un mayor impacto en la ET aquellas DMUs que no realizan actividad exportadora, por otro lado, en las pequeñas y grandes empresas se encuentran las DMUs con mayor índice de ET.
- *Shareholders*: En este caso, el mayor impacto de la distribución del índice de ET viene determinado en aquellas DMUs que se posicionan en el mercado internacional, excepto en las medianas empresas.
- *Subsidiaries*: Por último, en el caso de las *Subsidiaries* todas las DMUs, con indiferencia del tamaño empresarial y la internacionalización, tienen un mayor impacto en el índice de ET.

7.3. Evaluación de la ET por tamaño empresarial y CC.AA en el período de tiempo 2007-2011

En este epígrafe se presenta el análisis realizado respecto a la relación existente entre el volumen de trabajadores por empresa en consideración a su ET. Tal como ha podido comprobarse anteriormente, el tejido industrial español se basa, en gran medida, en un conglomero de PyMEs, donde el sector químico no es una excepción.

Cuadro 7.8. *Relación de ET con respecto al tamaño empresarial*

Cohortes trabajadores	Media	Desv.Tip.	Frec.
1 - 9	0.92247	0.04925	42
10 - 49	0.86719	0.04978	217
50 - 199	0.86860	0.04967	595
+ 199	0.88962	0.05232	351
Total	0.87634	0.05206	1205

Fuente: Elaboración propia

En base a estos resultados, se deduce que el segmento de 1 a 9 trabajadores tiene un valor medio de ET más elevado que el resto de cohortes, incluido el conjunto de grandes empresas, aunque puede observarse también, que es el agregado con menos DMUs de la muestra (3.48% del total).

Tratados los resultados del Cuadro 7.8, se muestra a continuación el análisis comparativo incluyendo el período de estudio (ver Cuadro 7.9) para observar la evolución interanual de la ET en relación a los grupos correspondientes a las microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas.

Cuadro 7.9. Evolución de la ET por cohorte y año

Trabajadores		Año					Total
		2007	2008	2009	2010	2011	
1 - 9	Media	.91342	.93312	.93357	.9188	.9162	.9224
	Desv. Std.	.05547	.04215	.03611	.0557	.0575	.0492
	Frec.	7	8	7	10	10	42
10 - 49	Media	.86605	.869	.89486	.8533	.8546	.8671
	Desv. Std.	.04720	.04807	.04147	.0529	.0505	.0497
	Frec.	57	41	38	38	43	217
50 - 199	Media	.86825	.8653	.8847	.8621	.8620	.8686
	Desv. Std.	.04979	.047430	.03911	.0575	.0500	.0496
	Frec.	113	121	123	120	118	595
+ 199	Media	.88889	.89436	.89993	.8774	.8874	.8896
	Desv. Std.	.05326	.05376	.04613	.0542	.0527	.0523
	Frec.	64	71	73	73	70	351
Total	Media	.8745	.87674	.89235	.8677	.8703	.8763
	Desv. Std.	.05131	.05175	.04256	.0570	.0533	.05206
	Frec.	241	241	241	241	241	1205

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la ET del sector químico español a lo largo del período ha sido diferente para cada uno de los cohortes. En el primer caso analizado, existen dos realidades:

- Las microempresas y grandes empresas son aquellas que tienen una menor variación a lo largo del período. Si bien, las microempresas obtienen un valor medio notablemente más elevado con respecto al resto de tamaños empresariales.

- El segundo grupo, consiste en que las pequeñas y medianas empresas tienen mayor variabilidad, con un importante incremento hasta el 2009, pero con un decremento a partir de este año hasta el 2011.

No obstante, los resultados para estos valores incluyendo las CC.AA se exponen a continuación:

Cuadro 7.10. *Relación ET por cohorte y CC.AA*

CC.AA	Trabajadores				Total
	1 - 9	10 - 49	50 - 199	+ 199	
Andalucía	0.894999	0.877692	0.879625	0.887	0.880654
	0	0.051047	0.06113	0.025184	0.053215
	1	13	32	9	55
Aragón	.	0.898785	0.895875	0.866833	0.88972
	.	0.061726	0.076471	0.025978	0.063856
	0	14	24	12	50
Asturias	.	0.8405	0.887499	0.905571	0.883399
	.	0.021610	0.036646	0.035027	0.041111
	0	4	4	7	15
C León	.	0.884749	0.861333	0.867818	0.866833
	.	0.077598	0.027619	0.034437	0.038215
	0	4	15	11	30

CC.AA	Trabajadores				Total
	1 - 9	10 - 49	50 - 199	+ 199	
C.Valenciana	0.819000	0.855333	0.861059	0.886826	0.868637
	0	0.027245	0.041531	0.049970	0.044581
	1	21	67	46	135
Cantabria	.	0.822	0.840166	0.87	0.842499
	.	0.002828	0.031650	0.024041	0.02977
	0	2	6	2	10
Cataluña	0.92525001	0.862215	0.864626	0.889959	0.874135
	0.04032288	0.044814	0.047637	0.047374	0.049373
	24	88	265	148	525
Extremadura	.	0.848999	0.86725	.	0.863599
	.	0	0.015456	.	0.015678
	0	1	4	0	5
Galicia	0.860000	0.8975	0.872523	0.872928	0.87938
	0	0.061829	0.052427	0.044687	0.052909
	1	14	21	14	50
La Rioja	0.884999	0.843833	0.805000	0.837000	0.842699
	0	0.038943	0	0.038188	0.037004
	1	6	1	2	10
Madrid	0.943636	0.837812	0.869388	0.903141	0.884487
	0.056650	0.021404	0.048610	0.068847	0.061562
	11	16	90	78	195
Navarra	.	0.845166	0.845000	0.863666	0.8507
	.	0.038436	0	0.022898	0.031895
	0	6	1	3	10

CC.AA	Trabajadores				Total
	1 - 9	10 - 49	50 - 199	+ 199	
País Vasco	0.875	0.882	0.885166	0.857777	0.880292
	0	0.064736	0.048675	0.033420	0.051960
	1	19	36	9	65
R. Murcia	0.912	0.898777	0.872010	0.909100	0.88584
	0.074953	0.054098	0.054074	0.055849	0.05584
	2	9	29	10	50
Total	0.922476	0.867165	0.868602	0.889629	0.876346
	0.049253	0.049780	0.049676	0.052321	0.052066
	42	217	595	351	1205

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro expuesto anteriormente puede deducirse que:

- Las microempresas en las CC.AA de: Andalucía, Cataluña, La Rioja y Madrid, tienen un valor medio respecto a la ET más elevado que el resto de empresas. Cabe destacar que algunas CC.AA tienen un valor 0 por falta de datos para microempresas.

Así mismo, es destacable cómo la CC.AA de Madrid tiene un valor elevado, muy cercano a 1, lo cual significa que es un valor cercano al máximo de ET (ET = 1).

- Las pequeñas y medianas empresas, sin embargo, se consideran las CC.AA correspondientes a: Aragón, Castilla y León, Extremadura, Galicia y País Vasco, aquellas con un valor medio mayor de ET.

- Por último, si se analizan las Grandes empresas se destaca que las CC.AA de: Asturias, C.Valenciana y Cantabria, cuyo valor medio es el más elevado en cuanto ET.

7.4. Conclusiones

En el presente capítulo se han considerado las principales hipótesis sostenidas en cuanto a la eficiencia del sector químico español para el período de tiempo correspondiente del 2007 al 2011. Para testar dichas hipótesis se ha considerado el cálculo de la ET a partir del modelo del Análisis de datos Envolvente (DEA).

A partir de la estimación mediante el modelo DEA, se concluye que para las empresas químicas existe una variación notable en cuanto a la variable (in)eficiencia.

Se confirma que existe ineficiencia técnica en las empresas del sector químico español para todo el período. Este hecho evidencia la existencia de empresas del sector que hacen un uso indebido de los recursos, combinándolos de manera poco adecuada.

Asimismo, cuando se introduce la diferenciación entre las firmas a nivel agregado por CC.AA, es interesante observar como la ET queda afectada de manera agregada, siendo Aragón, Región de Murcia y Madrid aquellas que presentan mejores valores. Sin embargo, en el sentido opuesto encontramos Cantabria, La Rioja y Navarra.

Los resultados evidencian que, cuando se incluye la variable binaria de internacionalización, tanto desde un punto de vista de exportación o bien IED (definiendo las subcategorías: *Shareholders* y *Subsidiaries*), el impacto de la ET en cuanto a la posición exportadora y la adopción de las DMUs de la opción *Shareholders* no muestra un

resultado significativo. Sin embargo, sí existe un resultado significativo en la relación de ET con respecto a la opción de *Subsidiaries*.

No obstante, al incluir el tamaño empresarial como variable control conjuntamente en la posición internacional y la ET, encontramos que:

- Exportación: se ha podido comprobar que para las pequeñas y grandes empresas existe una clara relación causal entre la posición internacional de la empresa mediante la variable exportación y un mayor valor medio de la ET. En cambio, para micro y medianas DMUs no existe dicha relación.
- *Shareholders*: en este caso, sí existe una relación positiva entre ET e internacionalización para cualquier tipo de tamaño empresarial, excepto para las medianas empresas.
- *Subsidiaries*: Por último, independientemente del tamaño de la DMUs sí existe una relación significativa entre ET y su posición internacional mediante *Subsidiaries*.

Finalmente, al realizar la comparativa por cohortes de tamaño empresarial, diferenciando entre microempresas, pequeñas y medianas empresas, y grandes empresas con respecto a la ET, afirmamos que son las microempresas las que tienen mayores valores medios en comparativa con el resto de empresas.

Al realizar la comparación tanto por años como por CC.AA, se llega a la misma conclusión, exceptuando tres CC.AA como son Andalucía, Cataluña, La Rioja y Madrid, donde las medianas empresas tienen mayores valores medios. Queda patente que las grandes empresas en ningún período ni CC.AA tienen valores medios superiores con respecto al conjunto de PyMEs, echo que se explica por el gran

volumen de PyMEs que conforman el tejido industrial español (Garrido Yserte *et al.* 2015), reproducido en el sector químico.

CAPITULO 8

Conclusiones Generales y líneas abiertas de investigación

Finalmente, en este capítulo se recogen las principales conclusiones obtenidas en esta tesis y se apuntan algunas líneas de trabajo que han quedado abiertas.

8.1. Contenidos del trabajo

En este apartado, y como conclusiones generales, es importante recordar y resumir primero los objetivos y las hipótesis contrastadas a lo largo de los capítulos planteados en esta investigación. Éstas se detallan a continuación:

1. La PTF lleva a la internacionalización. Este proceso puede determinarse por dos variables claramente diferenciadas como son la exportación y la inversión (*Shareholders* o *Subsidiaries*).
2. La mejora de la productividad lleva a vender al mercado internacional (*self-selection*), o bien, es la posición internacional de la empresa la que mejora su PTF (*learning-by-exporting*)
3. El nivel de eficiencia técnica es mayor si la entidad empresarial implanta un proceso de internacionalización, o bien, si ya lo ha establecido.

En el capítulo 2 el trabajo se centra en el desarrollo y regulación del marco teórico de las variables objeto de estudio, como son la productividad y la eficiencia técnica de las empresas.

En este capítulo no sólo se introducen los conceptos de productividad y eficiencia, sino también se profundiza en los aspectos relacionados con la internacionalización de las empresas que complementan la visión general de interrelación entre PTF y la posición internacional. Así mismo, se analiza como afecta a la variable ET la venta en el mercado internacional.

En el capítulo 3 se formaliza la historiografía y desarrollo del sector químico español, concluyendo que es un sector con un peso específico en la economía española, tanto a nivel de inversión como en volumen de trabajadores.

En el capítulo 4 se introducen los modelos y técnicas econométricas utilizadas para el desarrollo numérico de los capítulos posteriores. En este capítulo se proponen tanto modelos que permiten la estimación de la PTF, como de la EF. Así como las técnicas que permiten relacionar estas variables con la internacionalización de las empresas. Por último, se realiza un estudio de la base de datos utilizada (SABI y AMADEUS), y la justificación de las principales variables utilizadas para la realización del análisis.

En el capítulo 5, se realiza la estimación de la función de producción Cobb-Douglas para el desarrollo y estimación de la PTF que conforma el sector químico español, para el período 2007-2011. Este análisis muestra la estimación de la función de producción por tres modelos diferenciados: MCO, EF y EA, que pautan los resultados de los cuales pueden extraerse las principales conclusiones sobre la PTF a nivel de empresa.

El capítulo 6 plantea la resolución de la hipótesis de *self-selection* y/o *learning-by-exporting* para el caso del sector químico español.

Finalmente, en el capítulo 7 se realiza la estimación de la ET mediante el método DEA y se analiza la posición internacional de las empresas en base a dicha variable objeto de estudio.

8.2. Aportaciones del trabajo

En el capítulo 5 se han desarrollado los principales modelos básicos de la metodología de la productividad total de los factores. Para llevar a cabo el estudio de la productividad en el sector químico, principal objetivo de esta investigación, resulta necesario adoptar una serie de decisiones relacionadas con la estimación de la función de producción Cobb-Douglas. Así, después de una exposición de los distintos métodos, se ha considerado pertinente utilizar el MCO, EF y EA. Éstos han llevado a afirmar que existe una tendencia similar en cuanto a la significancia de las elasticidades, así como con los signos positivos esperados.

Una vez realizado el test de Hausman, se ha seleccionado el método de EF para la estimación de la variable PTF, donde se han presentado los resultados tanto para las CC.AA como para el período objeto de estudio. Es destacable como las comunidades que se presuponen con una mayor PTF, como Cataluña o bien Madrid, quedan lejos de aquellas más productivas, como son Navarra y Asturias. La tendencia temporal indica la existencia de cierta convergencia entre las 15 CC.AA estudiadas.

En cuanto a la división por Zonas Geográficas, la situación de inestabilidad económica global afecta por igual a las cuatro zonas (Zona norte, sud, levante y centro), aunque la diferencia viene determinada en la zona Levante, donde al tener mayor peso de empresas del sector químico, el cierre de empresas y la reestructuración del mercado ha llevado a un mayor desequilibrio del índice productivo. No obstante, la zona Norte también sufre una notable inestabilidad en comparativa con el resto de zonas geográficas.

El capítulo 6 se dedica al contraste de la hipótesis de la autocorrelación y/o *learning-by-exporting*, donde se concluye que:

- Los resultados obtenidos referentes a la hipótesis de autocorrelación muestran valores significativos en cuanto a la exportación y las empresas que realizan *Subsidiaries*, mientras que los resultados son no significativos para aquellas firmas que realizan *Shareholders*.
- En cuanto a la hipótesis sobre *learning-by-exporting*, se demuestra que para el caso de exportación y *Shareholders* los coeficientes son significativos, pero la relación es negativa, mientras que para *Subsidiaries* la relación es directa pero con valores no significativos. Así, la hipótesis planteada se rechaza para el caso de exportación y *Shareholders*. No obstante, para el caso de las *Subsidiaries* sí se acepta la H_0 .

Cabe destacar como la división por cohortes del tamaño empresarial indica que las medianas empresas son aquellas con un índice de PTF más elevado, por encima de las grandes empresas. Así mismo, las PyMEs son mayoritarias en el sector químico.

Por último, el capítulo 7 muestra la estimación de la variable ET mediante el método no paramétrico DEA, así como los resultados del contraste de la hipótesis planteada por Li (2008) en cuanto que la internacionalización de la empresa mejora su ET. Tras recapitular la información mediante panel de datos se dividen dos conclusiones:

- La primera, hace referencia a la relación existente entre la variable ET con respecto a que la mayoría de empresas del sector químico tiene un claro margen de mejora en cuanto a dicha variable.

- En un segundo contraste, se introduce la hipótesis de internacionalización, donde la principal conclusión que se puede extraer es que no existe una clara posición internacional aun independientemente del valor de ET que tenga la empresa.

8.3. Futuras líneas de investigación a desarrollar

La investigación tendente a caracterizar el sector químico en las dimensiones productividad y eficiencia, y plasmada en las páginas precedentes, no queda concluida con la finalización del presente proyecto de tesis doctoral, sino todo lo contrario. Este trabajo supone posibles enfoques alternativos para futuras líneas de investigación:

1. Realizar un análisis alternativo a la función de producción Cobb-Douglas mediante funciones no paramétricas, como las planteadas en Delgado *et al.* (2002). La idea de realizar este análisis radica en corregir los errores que llevan implícitos la estimación de la función paramétrica de Cobb-Douglas.
2. Buscar variables alternativas que permitan un estudio más concreto de la interacción entre productividad total de los factores con las variables independientes. Una variable seleccionada sería la incorporación de la innovación, que permitiría ampliar el análisis tanto a nivel agregado como a nivel desagregado.
3. Desarrollo de nuevos modelos centralizados donde se tiene en cuenta la función de la tecnología o de la orientación, ya que quedan muchas posibilidades por explorar. Un ejemplo serían los modelos centralizados de eficiencia cruzada.

Referencias Bibliográficas

Abramovitz, M. (1957) "Resource and output trends in the United States since 1870", en *Resource and Output Trends in the United States since 1870*, pp. 1-23. NBER.

Acemoglu, D., Aghion, P. y Zilibotti, F. (2006) "Distance to frontier, selection, and economic growth", *Journal of the European Economic Association* 4(1), pp. 37-74.

Akerberg, D., Benkard, L., Berry, S. y Pakes, A. (2007) "*Econometric Tools for Analyzing market Outcomes*", en J. Heckman and E. Leamer (eds.), *Handbook of Econometrics*, Vol. 6.

Aghion, P. y Howitt, P. (1992) "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, 60(2), pp. 322-352.

Aghion, P., Dewatripont, M. y Rey, P. (1999) "Competition, financial discipline and growth", *Review of Economic Studies*, 66(4), pp. 825-852.

Ahn, S., Fukao, K. y Kwon, H.U. (2004) "The Internationalization and Performance of Korean and Japanese Firms: An Empirical Analysis Base on Micro Data", *Seoul Journal of Economics*, 17(4), pp. 439-482.

Ahuja, G. y Majumdar, S.K. (1998) "An Assessment of the Performance of Indian State-owned Enterprises", *Journal of Productivity Analysis*, 9 , pp. 113-132.

Aigner, D.J. y Chu, S.F. (1968) "On estimating the industry production function", *The American Economic Review*, 58(4), pp. 826-839.

Aigner, D.J., Lovell, C.A. L. y Schmidt, P. (1977) "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, 6(1), pp. 21-37.

Aitken, B., Hanson, G. y Harrison, A. (1997) "Spillovers, Foreign Investment, and Export Behavior", *Journal of International Economics*, 43(1-2), pp. 103-132.

Alonso-Borrego, C. y Sanchez-Mangas, R. (2001) "GMM estimation of a production function with panel data: An application to Spanish manufacturing firms", *Statistics and Econometrics Series 27*, Universidad Carlos III de Madrid.

Álvarez Cuesta, R. (2001) "Modelos con eficiencia técnica variante en el tiempo", *La medición de la eficiencia y la productividad*. Ediciones Pirámide.

Alvarez, R. y Lopez, R. (2004) "Exporting and Performance: Evidence from Chilean Plants", Mimeo, Indiana University.

Álvarez-Pinilla, A. y Orea-Sánchez, L. (2001) "Descomposición del crecimiento de la productividad. Una aplicación a las regiones españolas", XXIX Reunión de Estudios Regionales.

Antràs, P. (2011) "El comportamiento de las Exportaciones Españolas", *Apuntes fedea*, competitividad, 2.

Arellano, M. y Bond, S. (1988) “Dynamic panel data estimation using DPD: A guide for users”, *Institute for Fiscal Studies*.

Arellano, M. y Bover, O. (1990) “La econometría de datos de panel”, *Investigaciones Económicas (segunda época)*, 14(1), pp. 3-45.

Arellano, M. (1993) “Introducción al análisis econométrico con datos de panel”, en *La industria y el comportamiento de las empresas españolas*, Dolado, J.J., Martín, C. y Romero, L.R. (eds.) (pp. 23-48). Alianza Editorial.

Arnold, J.M. (2005) “Productivity estimation at the plant level: A practical guide”, Unpublished manuscript, 27.

Arnold, J.M. y Hussinger, K. (2004) “Export Behavior and Firm Productivity in German Manufacturing. A Firm-level Analysis”, Centre for European Economic Research Discussion Paper 04-12.

Arrow, K.J., Chenery, H.B., Minhas, B.S. y Solow, R.M. (1961) “Capital-labor substitution and economic efficiency”, *The Review of Economics and Statistics*, pp. 225-250.

Asplund, M. y Nocke, V. (2006) “Firm turnover in imperfectly competitive markets”, *The Review of Economics Studies*, 73(2), pp. 295-327.

Astrebo, T. (2004) “Sunk costs and the depth and probability of technology adoption”, *The Journal of Industrial Economics*, 52(3), pp. 381-399.

Avalos, J. L. R. y de Aguirre, L. S. J. R. (2008) “Eficiencia en las Empresas de Inserción: Un análisis DEA”, en *Universidad, Sociedad y Mercados Globales* (pp. 99-112). Asociación Española de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM).

Aw, B.Y. y Hwang, A.R. (1995) "Productivity and the export market: A firm-level analysis", *Journal of Development Economics*, 47, pp. 313-332.

Aw, B.Y. y Batra, G. (1998) “Technological capability and firm efficiency in Taiwan (China)”, *The World Bank Economic Review*, 12(1), pp. 59-79.

Aw, B.Y., Chung, S. y Roberts, M.J. (2000) “Productivity and turnover in the export market: micro-level evidence from the Republic of Korea and Taiwan (China)”, *The World Bank Economic Review*, 14(1), pp. 65-90.

Aw, B. Y., Chen X. y Roberts, M. (2001) "Firm-Level Evidence on Productivity Differentials and Turnover in Taiwanese Manufacturing", *Journal of Development Economics*, 66(1), pp. 51-86.

Aw, B.Y., Roberts, M.J. y Xu, D.Y. (2011) “R&D investment, exporting and productivity dynamics”, *American Economic Review*, 101(4), pp. 1312-1344.

Badel, A. (2002) “Sistema bancario colombiano: ¿Somos eficientes a nivel internacional?”, Departamento. Nacional de Planeación. Archivos de Economía. No. 190. Junio.

Baily, M.N., Hulten, C. y Campbell, D. (1992) "*Productivity Dynamics in Manufacturing Establishments*", *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, pp. 187-249.

Baily, M.N. y Solow, R.M. (2001) "International productivity comparisons built from the firm level", *The Journal of Economic Perspectives*, 15(3) pp. 151-172.

Bajo, O. y Sosvilla, S. (1992) "Does Public Capital Affect Private Sector Performance? An Anlysis of the Spanish Case 1964-1988", UNED, *Documento de Trabajo 9208*.

Baldwin, J.R y Gu, W. (2003) "Export-market participation and productivity performance in Canadian manufacturing", *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 36(3), pp. 634-657.

Baldwin, R.E. y Robert-Nicoud, F. (2008) "Trade and growth with heterogeneous firms", *Journal of International Economics*, 74(1), pp. 21-34.

Baldwin, J. y Yan, B. (2011) "The death of Canadian manufacturing plants: heterogeneous responses to changes in tariffs and real exchange rates", *Review of World Economics* 147(1), pp. 131-167.

Baltagi, B.H. (1995) "*Econometric Analysis of Panel Data*", Nueva York: John Wiley & Sons.

Banalieva, A.P.E.R., Santoro, M.D. y Jiang, A.P.J.R. (2012) “Home region focus and technical efficiency of multinational enterprise”, *Management international review*, 52(4), pp. 493-518.

Banker, R.D., Charnes, A. y Cooper, W.W. (1984) “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment Analysis”, *Management Science*, 30(9), pp. 1078-1092.

Barba-Navaretti, G.B. (2004) “*Multinational firms in the world economy*”, Princeton University Press.

Barr, R. S. (2004) “DEA software tools and technology”, en *Handbook on data envelopment analysis* (pp. 539-566). Springer US.

Barrett, A. y O'Connell, P.J. (2001) “Does training generally work? The returns to in-company training”, *Industrial and labor relations review*, 54(3), pp. 647-662.

Barro, R.J. (1991) “Economic Growth in a Cross section of Countries”, *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), pp. 407-444.

Barro, R.J. y Lee, S. (1994) “Barro-Lee data set: Educational attainment data, 1960-1985”, *International comparisons of educational attainment*.

Barro, R.J. y Sala-i-Martin X. (1990) “Public Finance in Models of Economic Growth”, *Working Paper No. 3362*, mayo.

Barro, R.J. y Sala-i-Martin, X. (1995) “*Economic Growth*”, McGraw-Hill, New York.

Barros, C. P., Liang, Q. B. y Peypoch, N. (2014) “Technical Efficiency in the Angolan Banking Sector with the B-convexity Model”, *South African Journal of Economics*, 82(3), pp. 443-454.

Bartelsman, E.J. y Dhrymes, P.J. (1998) “Productivity dynamics: US manufacturing plants, 1972–1986”, *Journal of productivity analysis*, 9(1), pp. 5-34.

Bartelsman, E.J. y Doms, M. (2000) "Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata", *Journal of Economic Literature*, 38(3), pp. 569-595.

Basu, S. (1996) “Procyclical Productivity: Increasing Returns or Cyclical Utilization?”, *The Quarterly Journal of Economics*, 111(3), pp. 719-751.

Battese, G.E. (1992) “Frontier production functions and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics”, *Agricultural economics*, 7(3), pp. 185-208.

Battese, G.E. y Corra, G.S. (1977) “Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia”, *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 21(3), pp. 169-179.

Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1988) “Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data”, *Journal of Econometrics*, 38, pp. 387-399.

Battese, G.E y Coelli, T.J. (1992) “Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India”, *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp. 153-169.

Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1995) “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”, *Empirical economics*, 20(2), pp. 325-332.

Battese, G.E. (1997) “A note on the estimation of Cobb-Douglas production functions when some explanatory variables have zero values”, *Journal of Agricultural Economics*, 48(1-3), pp. 250-252.

Bauer, P.W. (1990) “Recent developments in the Econometrics Estimation of Frontiers”, *Journal of Econometrics*, 46, pp. 39-56.

Baumol, W. (1967) “Macroeconomics of unbalanced growth. The anatomy of urban crisis”, *American Economic Review*, 57(3), pp. 416-426.

Baumol, W. (1990) “Entrepreneurship: Productive, Unproductive, and Welfare”, *American Economic Review* 76 (Diciembre), pp. 1072-1085.

Baumol, W., Batey-Blackman, S.A. y Wolff, E.J. (1989) “*Productivity and American leadership: The long View*”. Cambridge: MIT Press.

Becker, G. y Murphy, K. (1988) “*Economic Growth, Human Capital and Population Growth*”, University of Chicago, junio.

Belotti, F., Daidone, S., Ilardi, G. y Atella, V. (2012) “Stochastic frontier analysis using Stata”, CEIS Tor Vergata Research Paper Series, 251.

Beneito, P. (2001) “R&D productivity and spillovers at the firm level: evidence from Spanish panel data”, *Investigaciones Económicas*, 25(2), pp. 289-314.

Berges-Lobera, A., Maravall, F. y Simarro, R.P. (1986) “Eficiencia técnica en las grandes empresas industriales de España y Europa”, *Investigaciones Económicas*, 10(3), pp. 449-466.

Bernard, A.B. y Jensen, J.B. (1995) "Exceptional Exporter Performance: Cause, Effects or Both?", mimeo.

Bernard, A.B. y Jensen, J.B. (1999) "Exceptional exporter performance: cause, effect, or both?", *Journal of International Economics*, 47(1), pp. 1-25.

Bernard, A.B. y Jensen, J.B. (2004a) “Entry, expansion, and intensity in the US export boom, 1987–1992”, *Review of International Economics*, 12(4), pp. 662-675.

Bernard, A.B. y Jensen, J.B. (2004b) “Exporting and productivity in the USA”, *Oxford Review of Economic Policy*, 20(3), pp. 343-357.

Bernard, A.B. y Jensen, J.B. (2007) “Firm structure, multinationals, and manufacturing plant deaths”, *The Review of Economics and Statistics*, 89(2), pp. 193-204.

Bernard, A.B. y Wagner, J. (1997) “Exports and Success in German Manufacturing”, *Weltwirtschaftliches Archiv / Review of World Economics*, 133, pp. 134-157.

Bernard, A.B. y Wagner, J. (2001) “Export entry and exit by German firms”, *Weltwirtschaftliches Archiv*, 137(1), pp. 105-123.

Bernard, A.B., Eaton, J., Jensen, J.B. y Kortum, S.S. (2003) "Plants and Productivity in International Trade", *American Economic Review*, 93(4), pp. 1268-1290.

Bernard, A.B., Redding, S.J. y Schott, P.K. (2005) “Products and productivity”, *The Scandinavian Journal of Economics*, 111(4), pp. 681-709.

Bhaduri, A. (1998) “Eficiencia económica e instituciones agrarias”, *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, 15, pp. 15-28.

Bhandari, A. K. y Maiti, P. (2007) “Efficiency of Indian manufacturing firms: Textile industry as a case study”, *International Journal of Business and Economics*, 6(1), pp. 71-88.

Bichara, E. y Garza, M. (1990) “*Consideraciones sobre la función de producción Cobb-Douglas*”, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Biener, C., Eling, M. y Wirfs, J.H. (2016) “The determinants of efficiency and productivity in the Swiss insurance industry”, *European Journal of Operational Research*, 248(2), pp. 703-714.

Bigsten, A., Collier, P., Dercon, S., Fafchamps, M., Gauthier, B., Willem Gunning, J., ... y Teal, F. (2004) "Do African manufacturing firms learn from exporting?", *Journal of development studies*, 40(3), pp. 115-141.

Black, S.E. y Lynch, L.M. (1997) "How to compete: the impact of workplace practices and information technology on productivity", *Review of Economics and statistics*, 83(3), pp. 434-445.

Black, S.E. y Lynch, L.M. (2001) "What's driving the new economy?: the benefits of workplace innovation*", *The Economic Journal*, 114(493), pp. 97-116.

Blalock, G. y Gertler, G. (2003) "Learning from Exporting: Plant-Level Evidence from Indonesia's Trade Liberalization", *Journal of Development Economics*, forthcoming.

Blanchard, O. y Fischer, S. (1989) "*Lectures on Macroeconomics*", M.I.T press.

Blomström, M., Fors, G. y Lipsey, R.E. (1997) "Foreign Direct Investment and employment: Home country experience in the United States and Sweden", *The Economic Journal*, 107(445), pp. 1787-1797.

Blonigen, B.A. (2005) "A Review of the Empirical Literature on FDI Determinants", *Atlantic Economic Journal*, 33, pp. 383-403.

Blundell, R. y Bond, S. (1998) "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, 87(1), pp. 115-143.

Blundell, R. y Bond, S. (2000) "GMM Estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions", *Econometric Reviews*, 19(3), pp. 321-340.

Borrego, C.A. (2010) "Firm behavior, market deregulation and productivity in Spain", *Documentos de trabajo del Banco de España*, 35, pp. 9-48.

Bravo-Ureta, B. E., Solís, D., López, V. H. M., Maripani, J. F., Thiam, A. y Rivas, T. (2007) "Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis", *Journal of productivity Analysis*, 27(1), pp. 57-72.

Brendt, E. y Christensen, L. (1973) "The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures and Labor in US Manufacturing 1929-68", *Journal of Econometrics*, 1, pp. 81-114.

Brendt, E. y Christensen, L. (1974) "Testing for the Existence of a Consistent Aggregate Index of Labor Inputs", *American Economic Review*, 64(3), pp. 391-403.

Buisán, A. y Gordo, E. (1997) "*El sector exterior en España*", Banco de España, Servicio de Estudios.

Cabral, L.M.B. y Mata, J. (2003) "On the Evolution of the Firm Size Distribution: Facts and Theory", *The American Economic Review*, 93(4), pp. 1075-1090.

Caldera, A. (2010) "Innovation and exporting: evidence from Spanish manufacturing firms", *Review of world Economics*, 146(4), pp. 657-689.

Canay, I. (2003) “*Apuntes sobre fronteras de eficiencia*”, Enfoque Econométrico. UADE mimeo.

Canay, I., Ruzzier, C., Romero, C. y Rossi, M. (2004) “*Aspectos metodológicos*”, UADE mimeo.

Canning, D. y Bennathan, E. (2000) “The social rate of return on infrastructure investments”, *World Bank Policy Research Working Paper*, (2390).

Capelleras Segura, J-Ll. y Kantis, H.D. (2009) “*Nuevas empresas en América Latina: factores que favorecen su rápido crecimiento*”, Universitat Autònoma de Barcelona, Servei de Publicacions.

Carifio, J. y Perla, R. (2008) “Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales”, *Medical Education*, 4, pp. 1150–1152.

Casimón, C. y de Lucio Fernández, J.J. (2010) “La competitividad de las PYMES españolas ante el reto de la globalización”, *Economía industrial*, 375, pp. 19-40.

Cass, D. (1965) “Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation”, *Review of Economic Studies*, 32(3), pp. 233-240.

Cassiman, B. y Golovko, E. (2009) “Innovation and Internationalization”, IESE working paper, mimeo.

Cassiman, B. y Martínez-Ros, E. (2007) “Product innovation and exports. Evidence from Spanish Manufacturing”, *International Journal of Industrial Organization*, 28(4), pp. 372-376.

Cassiman, B., Golovko, E. y Martínez-Ros, E. (2010) “Innovation, exports and productivity”, *International Journal of Industrial Organization*, 28(4), pp. 372-376.

Castany, L., López-Bazo, E. y Moreno, R. (2007) “Decomposing differences in total factor productivity across firm size”, (No. XREAP2007-01). Xarxa de Referència en Economia Aplicada (XREAP).

Castellani D. (2001) “Export behaviour and productivity growth: Evidence from Italian manufacturing firms”, *Weltwirtschaftliches Archiv*, 138(4), pp. 605-628.

Castellani, D. y Zanfei, A. (2002). “Technology gaps, absorptive capacity and the impact of inward investments on productivity of European firms*”, *Economics of Innovation and New Technology*, 12(6), pp. 555-576.

Caves, D.W., Christensen, L. y Diewert, W.E. (1982) "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers", *Economic Journal*, 92(365), pp. 73-86.

Caves, R.E. (1998) “Industrial organization and new findings on the turnover and mobility of firms”, *Journal of economic literature*, 36(4), pp. 1947-1982.

Céspedes, N., Aquije, M. E., Sánchez, A. y Vera-Tudela, R. (2014) “Productividad sectorial en el Perú: un análisis a nivel de firmas“, *Revista Estudios Económicos*, 28, pp. 9-26.

Charlot, S. y Schmitt, B. (1999) “*Public Infrastructure and Economic Growth in France's Regions*”, European Regional Science Association.

Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978) “Measuring the efficiency of decision making units”, *European journal of operational research*, 2(6), pp. 429-444.

Chaves, Á. H. (2005) “Evolución de la productividad multifactorial, ciclos y comportamiento de la actividad económica en Cundinamarca”, *documento de trabajo 8*, Universidad Externado de Colombia.

Christensen, L.R., Jorgenson, D.W., y Lau, L.J. (1973) “Transcendental logarithmic production frontiers”, *The review of economics and statistics*, pp. 28-45.

Clavijo, S. (1990). “Productividad laboral, multifactorial y la tasa de cambio real en Colombia”, *Ensayos sobre Política Económica*, 17(4), pp. 73-97.

Clavijo, S. (2003) “Crecimiento, Productividad y la ‘Nueva Economía’: Implicaciones para Colombia”, *Borradores de Economía*, 228, pp. 1-37.

Clementi, G.L. y Palazzo, B. (2013) “*Entry, exit, firm dynamics, and aggregate fluctuations*”, (No. w19217). National Bureau of Economic Research.

Clerides, S., Lach, S. y Tybout, J. (1998) "Is 'Learning-by-Exporting' Important? Micro-Dynamic Evidence from Colombia, Mexico, and Morocco", *Quarterly Journal of Economics*, 113, pp. 903-947.

Coase, R.H. (1937) "The nature of the firm", *Economica*, 4(16), pp. 386-405.

Cobb, C.W. y Douglas, P.H. (1928) “A theory of production”, *The American Economic Review*, 18(1), pp. 139-165.

Coe, D.T. y Helpman, E. (1995) "International R&D Spillovers", *NBER Working Paper Series*, Working Paper, nº 4444.

Coelli, T.J. (1996) “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Compute) Program”, Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England.

Coelli, T.J. (1996) “A Guide to FRONTIER version 4.1: A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation”, (Vol. 96, No. 07). CEPA Working papers.

Coelli, T., Rao, D. P., O'Donnell, C.J. y Battese, G.E. (2005) “*An introduction to efficiency and productivity analysis*”, T. J. Coelli (Ed.). Springer.

Cohen, W.M. (2010) “Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance”, *Handbook of the Economics of Innovation*, nº1, pp.129-213.

Cohen, W.M. y Klepper, S. (1996) “Firm size and the nature of innovation within industries: the case of process and product R&D”, *The Review of Economics and Statistics*, 78, pp. 232-243.

Collado Bravo, J. y Sánchez Sánchez, F. (2012) “Evolución y perspectivas del sector químico español: visión desde su observatorio industrial”, *Economía industrial*, 385, pp. 81-90.

Coll Serrano, V. (2002) “Eficiencia y productividad de la industria textil europea desde la perspectiva del análisis envolvente de datos”. Tesis Doctoral (Universidad de Valencia).

Coll-Serrano, V. y Blasco-Blasco, O.M. (2007) “Evaluación de la eficiencia de la industria textil española a partir de información económico-financiera: Una aplicación del análisis envolvente de datos”, *Revista de Investigación Operacional*, 28(1), pp. 61-91.

Coll-Serrano, V. y Blasco-Blasco, O.M. (2009) “Evolución de la eficiencia técnica de la industria textil española en el periodo 1995-2005. Análisis mediante un modelo frontera estocástica”, *Estudios de Economía Aplicada*, 27(3), pp. 1-32.

Constantini, J.A. y Melitz, M.J. (2008) “*The dynamics of firm-level adjustment to trade liberalization*”, en E. Helpman, D. Marin y T. Verdier (eds.), *The Organization of firms in a global economy*, Harvard University Press, Cambridge.

Cordero, J. M., Nuño-Solinís, R., Orueta, J. F., Polo, C., del Río-Cámara, M. y Alonso-Morán, E. (2016) “Evaluación de la eficiencia técnica de la atención primaria pública en el País Vasco, 2010-2013”, *Gaceta Sanitaria*, 30(2), 104-109.

Cornwell, C., Schmidt, P. y Sickles, R.C. (1990) "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series variation in Efficiency Levels", *Journal of Econometrics*, 46, pp. 185-200. Nort-Holland.

Crépon, B., Duguet, E. y Mairesse, J. (1998) “Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis”, *Economics of Innovation and new Technology*, 7(2), pp. 115-158.

Criscuolo, C. y Martin, R. (2009) "Multinationas and US productivity leadership: evidence from Great Britain", *The Review of Economics and Statistics*, 91(2), pp. 263-281.

Cuadrado, J.R. y Garcia, B. (1995) “Las diferencias interregionales en España. Evolución y perspectivas”, En VV.AA.: La economía española en un escenario abierto. Madrid: Fundación Argentería y Visor, pp. 151-196.

Dahlman, C.J., Ross-Larson, B. y Westphal, L.B. (1987) “Managing technological development: Lessons from newly industrializing countries”, *World Development*, 15(6), pp. 759-775.

Damijan, J.P. y Kostevc, Č. (2010) “Learning from trade through innovation: Causal link between imports, exports and innovation in Spanish microdata”, (No. 264). LICOS Discussion Paper.

Das, S., Roberts, M. y Tybout, J. (2001) "Market Entry Costs, Producer Heterogeneity, and Export Dynamics", NBER Working Paper 8629.

Davis, S.J. y Haltiwanger, J. (1991) "Wage dispersion between and within US manufacturing plants, 1936-86", (Nº.w3722). National Bureau of Economic Research.

De Backer, K.O. y Sleuwaegen, L. (2001) "Why are foreign firms more productive than domestic firms?", MIMEO.

de Guevara Radoselovics, J.F. (2011) "Las diferencias de productividad entre las empresas españolas en la expansión y la crisis", *Cuadernos Económicos de ICE*, 84, pp. 77-102.

de Jorge Moreno, J., Rojas Carrasco, O. y Sánchez Henríquez, J. (2015) "Análisis de la eficiencia y sus factores explicativos en el sector de consultoría y auditoría en España", *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 20, pp. 77-94.

de La Fuente, A. y Doménech, R. (2009) "*Convergencia real y envejecimiento: retos y propuestas*", Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Economia i d'Història Econòmica, Unitat Fonaments de l'Anàlisi Econòmica.

de Loecker, J. (2007) "Do exports generate higher productivity? Evidence from Slovenia", *Journal of International Economics*, 73(1), pp. 69-98.

Debreu, G. (1951) “The coefficient of resource utilization”, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp. 273-292.

Del Gatto, M., Di Liberto, A. y Petraglia, C. (2011) “Measuring Productivity”, *Journal of Economic Surveys*, 25(5), pp. 952–1008.

Delgado, M.A., Fariñas, J.C. y Ruano, S. (2002) “Firm Productivity and Export Markets: A Non- parametric Approach”, *Journal of International Economics*, 57(2), pp. 397-422.

Di Filippo, A. (2009) “Estructuralismo latinoamericano y teoría económica”, *Revista Cepal*, 98, pp. 181-202.

Diamond, P. (1965) “National Debt in a Neoclassical Growth Model”, *American Economic Review*, 55, pp. 1126-1150.

Díaz Martínez, Z., Pineda, M.P.G. y del Prado, J.A.N. (2002) “*Las funciones de Cobb-Douglas como base del espacio vectorial de funciones homogéneas*”, Documento de trabajo.

Diewert, W.E. (1976) “Exact and superlative index numbers”, *Journal of Econometrics*, 4(2), pp. 115–145.

Diewert, W.E. y University of British Columbia. Dept. of Economics (1979) “*The economic theory of index numbers: a survey*”, Department of Economics, University of British Columbia.

Diewert, W.E. (1982) “*Duality approaches to microeconomic theory*”, en *Handbook of Mathematical Economics* edited by K. J. Arrow y M. D. Intriligator, Vol. II: 535-599. Amsterdam: North Holland.

Diewert, W.E. (1983) "The theory of the Cost of Living Index and the Measurement of Welfare Change", en Diewert W.E. y Montmarquette, C. (eds.): *Price Level Measurement*. Minister of Supply and Services, Ottawa.

Diewert, W.E. (1992) "Fisher ideal output, input, and productivity indexes revisited", *Journal of Productivity Analysis*, 3(3), pp. 211-248.

Diewert, W.E. (2000) "The challenge of total factor productivity measurement", *International Productivity Monitor*, 1(1), pp. 45-52.

Dixit, A.K. y Stiglitz, J.E. (1977) "Monopolistic competition and optimum product diversity", *American Economic Review*, 67, pp. 297-308.

Drifffield, N.L. y Love, J.H. (2002) "*Does the motivation for foreign direct investment affect productivity spillovers to the domestic sector?*", Birmingham: Aston Business School Research Institute.

Doms, M.E. y Jensen, J.B. (1998) "*Comparing wages, skills, and productivity between domestically and foreign-owned manufacturing establishments in the United States*", en *Geography and ownership as bases for economic accounting* (pp. 235-258). University of Chicago Press.

Dornbusch, R., Fischer, S. y Samuelson, P.A. (1977) "Comparative advantage, trade, and payments in a Ricardian model with a continuum of goods", *The American Economic Review*, 67(5), pp. 823-839.

Duguet, E. (2006) “Innovation Height, Spillovers and TFP Growth at the Firm Level: Evidence from French Manufacturing”, *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4/5), pp. 415–442.

Dunne, T., Haltiwanger, J. y Foster, L. (2000) “Wage and productivity dispersion in US manufacturing: The role of computer investment”, (No. w7465). National bureau of economic research.

Dunning, J.H. (1994) “Re-evaluating the benefits of foreign direct investment”, *Transnational Corporations*, 3(1), pp. 23-51.

Dwyer, D.W. y Mercer, W.M. (1996) “Whittling away at productivity dispersion further notes”, Discussion Papers, 96-11.

Eichhorn, W. y Voeller, J. (1976) “*Theory of the price index: Fisher's test approach and generalizations*”, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

Epps, T.W. y Singleton, K.J. (1986) “An omnibus test for the two-sample problem using the empirical characteristic function”, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 26(3-4), pp. 177-203.

Ericson, R. y Pakes, A. (1995) "Markov-Perfect Industry Dynamics: A Framework for Empirical Work", *Review of Economic Studies*, 62(1), pp. 53-82.

Eriksson, T., Smeets, V. y Warzynski, F. (2009) “*Small Open Economy Firms in International Trade: Evidence from Danish Transaction-Level Data*”, Aarhus School of Business Department of Economics Working Paper 09-7, March.

Escribá, F.J. y Murgui, M.J. (2001) “Tecnología, cambio estructural y convergencia en las regiones españolas (1980-1995)”, *Investigaciones económicas*, 25(2), pp. 335-357.

Escribano, Á. y Stucchi, R. (2008) “Catching up in total factor productivity through the business cycle: evidence from Spanish manufacturing surveys”, *Working Paper 08-51 Economic Series* (25).

Eslava, M., Haltiwanger, J., Kugler, A. y Kugler, M. (2004) "The Effect of Structural Reforms on Productivity and Profitability Enhancing Reallocation: Evidence from Colombia", *Journal of development Economics*, 75(2), pp. 333-371.

Esteve-Pérez, S., Mánez-Castillejo, J.A. y Sanchis-Llopis, J.A. (2008) “Does a “survival-by-exporting” effect for SMEs exist?”, *Empirica*, 35(1), pp. 81-104.

Estrada, T. y Alvaro, J. (2016) “*Impacto de la inversión en innovación: un estudio sobre la evolución del sector industrial español ante la crisis (2008-2013)*”, Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.

Estrada, A., Pons, A. y Vallés, J. (2006) “La productividad de la economía española: una perspectiva internacional”, *Información Comercial Española*, 829, pp. 7-25.

Ethier, W. (1982) ”National and international returns to scale in the modern theory of international trade”, *American Economic Review*, 72, pp. 950–959.

Fafchamps, M., El Hamine, S. y Zeufack, A. (2008) "Learning to export: Evidence from Moroccan manufacturing", *Journal of African Economies*, 17(2), pp. 305-355.

Färe, R. y Knox Lovell, C.A. (1978) "Measuring the technical efficiency of production", *Journal of Economic theory*, 19(1), pp. 150-162.

Färe, R., Grosskopf, S. y Lovell, C.A. (1985) "*The measurement of efficiency of production*", (Vol. 6). Springer Science & Business Media.

Färe, R., Grosskopf, S. y Margaritis, D. (2008) "Efficiency and productivity: Malmquist and more", *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, pp. 522-622.

Fariñas, J.C. y Jaumandreu, J. (1999) "Diez años de encuesta sobre estrategias empresariales (ESEE)", *Economía Industrial*, 329, pp. 29-42.

Fariñas, J.C. y Ruano, S. (2005) "Firm productivity, heterogeneity, sunk costs and market selection", *International Journal of Industrial Organization*, 23(7), pp. 505-534.

Fariñas, J.C. y Martin-Marcos, A. (2007) "Exporting and Economic Performance: Firm-Level Evidence for Spanish Manufacturing", *The World Economy*, 30(4), pp. 618-646.

Farrell, M.J. (1957) "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), pp. 253-290.

Feenstra, R.C. (1998) “Integration of trade and disintegration of production in the global economy”, *The journal of economic perspectives*, 12(4), pp. 31-50.

FEIQUE (2004) “*Estudio económico sobre el sector químico*”, Observatorio Industrial del Sector Químico.

FEIQUE (2013) “*Radiografía Económica del Sector Químico Español*”, Madrid, Febrero.

FEIQUE (2015) “*Radiografía Económica del Sector Químico Español*”, Madrid, Marzo.

Felgueroso, F. y Jiménez-Martín, S. (2009) “The “New Growth Model”. How and with Whom?”, *Documento de trabajo*, 2009, 39.

Fernald J.G. y Ramnath, S. (2004) “The acceleration in U.S. total factor productivity after 1995: The role of information technology”. *Economic Perspectives*. 1T/2004.

Fernandes, A. (2003) “Trade Policy, Trade Volumes and Plant-Level Productivity in Colombia Manufacturing Industries”, *World Bank Policy Research Working Paper* No. 3064.

Fernández de Guevara, J. (2007) “La mejora de la productividad bancaria en España: crecimiento de la actividad y progreso técnico”, *Revista Valenciana de Economía y Hacienda*, 14, pp. 51-81.

Fernández de Guevara, J. (2011) “*La productividad sectorial en España: una perspectiva micro*”, Fundación BBVA.

FitzGerald, V. (1998) “La CEPAL y la teoría de la industrialización”, *Revista de la CEPAL*, 40, pp. 47-61.

Flores, J. y Gómez-Limón, J. (2006) “Planificación multicriterio de explotaciones agrarias en áreas tropicales protegidas. El caso de la zona protectora Guanare-Masparro (Venezuela)”, *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 11(6), pp.81-108

Folgado Blanco, J. (2009) “Desafíos para la economía y la empresa española en un mundo globalizado”, *Economía española y Protección Social*, 1, pp. 9-19.

Førsund, F.R. y Sarafoglou, N. (2002) “On the origins of data envelopment analysis”, *Journal of Productivity Analysis*, 17(1-2), pp. 23-40.

Førsund, F.R., Lovell, C.A. y Schmidt, P. (1980) “A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement”, *Journal of econometrics*, 13(1), pp. 5-25.

Foster, L., Haltiwanger, J. y Krizan, C.J. (1998) "Aggregate Productivity growth: Lessons from microeconomic evidence", *NBER Working paper series*. N° 6803

Foster, L., Haltiwanger, J. y Syverson, C. (2005) "Reallocation, Firm Turnover, and Efficiency: Selection on Productivity or Profitability?", *NBER Working Paper* 11555.

Fujita, M. y Krugman, P. (2004) “La nueva geografía económica: pasado, presente y futuro”, *Investigaciones Regionales*, pp. 177-206.

Garrido Yserte, R., Gallo Rivera, M.T. y Martínez Gautier, D.M. (2015) “Análisis territorial de la repercusión de la crisis económica sobre el tejido empresarial español”, *Instituto Universitario de Análisis Económico y Social (SERVILAB) Documentos de Trabajo*, 3, pp. 1-33.

Geroski, P.A. (1999) “*The growth of firms in theory and in practice*”, (Vol. 2092). Centre for Economic Policy Research.

Girma, S., Kneller, R. y Pisu, M. (2003) “*Exports versus FDI: An Empirical Test*”, University of Nottingham Research Paper 2003/21.

Girma, S., Görg, H. y Strobl, E. (2004) “Exports, International Investment, and Plant Performance: Evidence from a Non-parametric Test”, *Economics Letters*, 83(3), pp. 317-24.

Goerg, S.J. y Kaiser, J. (2009) “Nonparametric testing of distributions-the Epps-Singleton two-sample test using the empirical characteristic function”, *Stata Journal*, 9, pp. 454-465.

Goerlich, F.J. y Orts, V. (1995) “*Economías de escala, externalidades y atesoramiento de trabajo en la industria española (1964-1989)*”, *Revista de Economía Aplicada*, 11(4), pp.151-166.

Gómez Aparicio, L., Ávila Castuera, J.M. y Cayuela Delgado, L. (2013) “Métodos de máxima verosimilitud en ecología y su aplicación en modelos de vecindad”, *Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, Monográfico, pp. 12-20.

Gómez Sancho, J.M. (2005) “*La evaluación de la eficiencia productiva de las Universidades Públicas Españolas*”, Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.

Gonzalez Camba, S. y Guerrero Loor, F. (2009) “Factores que inciden en la aprobación de una carrera universitaria. Caso de estudio: carreras del icm”.

Good, D.H., Nadiri, M.I. y Sickles, R. (1997) “*Index Number and Factor Demand Approaches to the Estimation of Productivity*”, pp. 14-80 en

Görg, H. y Spaliara, M.,E. (2010) “*Financial Health, exports, and firm survival: A comparison of British and French firms*”, Kiel Institute for the World Economy, mimeo, February.

Gort, M. y Sung, N. (1999) “Competition and productivity growth: the case of the US telephone industry”, *Economic Inquiry*, 37(4), pp. 678-691.

Grandón, V. y Rodríguez Romero, L. (1991) “Capital Tecnológico e incrementos de productividad de la industria española”, *Documento de Trabajo 91-01, Febrero*.

Greenaway, D. y Kneller, R. (2005) “*Firm Heterogeneity, Exporting and Foreign Direct Investment: A Survey*”, GEP Research Paper No. 2005/32 (Leverhulme Centre for Research on Globalisation and Economic Policy, University of Nottingham).

Greene, W. (2008) "*Econometric Analysis*", Prentice Hall, 6th Edition.

Griliches, Z. (1957) "Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change", *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, pp. 501-522.

Griliches, Z. (1967) "Production functions in manufacturing: some preliminary results", En *The theory and empirical analysis of production* (p. 275-340). NBER.

Griliches, Z. (1996) "The discovery of the residual: A historical note", *Journal of Economic Literature* 34(3), pp. 1324-1330.

Griliches, Z. y Mairesse, J. (1995) "Production functions: the search for identification", forthcoming in S. Strom (ed.), *Essays in Honour of Ragnar Frisch*, Econometric Society Monograph Series, Cambridge University Press, Cambridge.

Griliches, Z. y Regev, H. (1995) "Firm Productivity in Israeli Industry: 1979-1988", *Journal of Econometrics*, 65(1), pp. 175-203.

Grossman, G.M. y Helpman, E. (1991) "*Innovation and Growth in the Global Economy*", Cambridge: MIT Press.

Grossman, G.M., Helpman, E. y Szeidl, A. (2005) "Complementarities between Outsourcing and Foreign Sourcing", *American Economic Review*, 95(2), pp. 19-24.

Gujarati, D. (2006) "*Principios de Econometría*", 3era Edic. Editorial Mc Graw-Hill. *City University of New Cork USA*.

Gumbau, M. y Maudos, J. (1996) “Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación frontera”, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.

Gumbau-Albert, M. y Maudos, J. (2002) “The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry”, *Applied Economics*, 34(15), pp. 1941-1948.

Hallward-Driemeier, M., Iarossi, G. y Sokoloff, K.L. (2002) “Exports and manufacturing productivity in East Asia: A comparative analysis with firm-level data”, (No. w8894). National Bureau of Economic Research.

Haltiwanger, J.C. (1998) “Measuring and analyzing aggregate fluctuations: the importance of building from micro-economic evidence”, Federal Reserve Bank of St. Louis.

Hamit-Haggar, M. (2011) “TFP growth, technological progress and efficiencies change: Empirical evidence from Canadian manufacturing industries”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(4), pp. 360-371.

Hansen, L.P. (1982) “Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators”, *Econometrica*, 50(4), pp. 1029-1054.

Hansen, L.P. (2007) “Beliefs, doubts and learning: Valuing economic risk”, *NBER Working Paper 12948*.

Harberger, A. (1969) “La tasa de rendimiento del capital en Colombia”, *Planeación y Desarrollo*, 1(3), pp.44-63.

- Harrod, R. ([1939] 1970) “*Dynamic Theory*”, en Sen (ed.) (1970)
- Harrison, A.E. (1994) "Productivity, imperfect competition and trade reform: Theory and evidence", *Journal of International Economics*, 36, pp. 53-73, North-Holland.
- Hayashi, F. (2000) “*Econometrics*,” Princeton University Press: Princeton.
- Head, K. y Ries, J. (2003) "Exporting and FDI as alternative strategies", *Oxford Review of Economic Policy*, 20(3), pp. 409-423.
- Helpman, E. (1984) "A Simple Theory of International Trade with Multinational Corporations", *Journal of Political Economy*, 92, pp. 451-71.
- Helpman, E. (2006) “Trade, FDI, and the Organization of Firms”, *Journal of Economic Literature*, 44(3), pp. 589-630.
- Helpman, E. y Krugman, P.R. (1985) “*Market structure and foreign trade: Increasing returns, imperfect competition, and the international economy*”, MIT press.
- Helpman, E., Melitz, M.J. y Yeaple, S.R. (2004) "Export versus FDI with heterogenous Firms", *American Economic Review*, 94(1), pp. 300-316.
- Hernández Laos, E. (2007) “La productividad multifactorial: concepto, medición y significado”, *Economía: teoría y práctica*, 26(1), pp. 31-68.

Hernando, I. y Vallés, J. (1993) “Productividad sectorial: comportamiento cíclico en la economía española”, Servicio de Estudios, *Documento de Trabajo N° 9323*.

Hernando, I. y Valles, J. (1994) “Algunas diferencias en la productividad de las empresas manufactureras españolas”, *Investigaciones Económicas*, 18(1), pp. 117-141.

Hicks, N.L. (1979) “Growth vs basic Needs: Is There a Trade Off?”, *World Development*, 7, pp. 985-994.

Holl, A. (2012) “Localización y productividad de la empresa española”, *Investigaciones Regionales*, 25, pp. 27-42.

Hopenhayn, H.A. (1992) “Entry, Exit, and Firm Dynamics in Long Run Equilibrium”, *Econometrica*, 60(5), pp. 1127-50.

Horrace, W. y Schmidt, P. (1996) “Confidence statements for efficiency estimates from Stochastic Frontier Models”, *Journal of Productivity Analysis*, 7, pp. 257-282.

Hosmer, D.W. y Lemeshow, S. (1989) “*Applied Logistic Regression*”, New York, NY: Wiley.

Hsiao, C. (1986) “*Analysis of Panel Data*”, Econometric Society.

Huergo, E. y Moreno, L. (2004) "La innovación y el crecimiento de la productividad en España", *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 56, pp. 208-231.

Huergo, E. y Jaumandreu, J. (2004) "Firms' age, process innovation and productivity growth", *International Journal of Industrial Organization*, 22(4), pp. 541-559.

Hulten, C.R. (2001) "*Total factor productivity. A short biography*", En *New developments in productivity analysis* (pp. 1-54). University of Chicago Press.

Hummels, D. (2000) "*Time as a trade barrier*", Purdue University.

Imrohoroglu, A. y Tüzel, S. (2014) "Firm-level productivity, risk, and return", *Management Science*, 60(8), pp. 2073-2090.

Isgut, A., Tello, M.D. y Veiderpass, A. (1999) "Microeconomic Adjustment During Structural Reforms: The Nicaraguan Manufacturing Sector 1991-1995", *Canadian Journal of Development Studies*, 20(3), pp. 1-24.

Isgut, A. (2001) "What's Different About Exporters? Evidence from Colombian manufacturing", *Journal of Development Studies*, 37(5), pp. 57-82.

Janz, N., Lööf, H. y Peters, B. (2003) "Firm Level Innovation and Productivity – Is There a Common Story Across Countries?", *ZEW Discussion Paper No. 03/26*, Mannheim.

Jaumandreu, J. y Mato, G. (1985) "Una revisión de la serie de encuestas: Grandes Empresas Industriales del MINER", *Economía Industrial*, 245, pp. 85-92.

Jean, S. (2002) "International trade and Firms' Heterogeneity under Monopolistic Competition", CEPII, Working paper nº 00-13.

Jevons, W.S. (1871) "The power of numerical discrimination", *Nature*, 3, pp. 281-282.

Jondrow, J., Lovell, C., Materov, I. y Schmidt, P. (1982) "On the estimation of technical efficiency in the stochastic production function model", *Journal of Econometrics*, 19, pp. 233-238.

Jorgenson, D.W. y Griliches, Z. (1967) "The Explanation of Productivity Change", *Review of Economic Studies*, 34(3), pp. 249-283.

Jovanovic, B. (1982) "Selection and the Evolution of Industry", *Econometrica*, 50(3), pp. 649-670.

Jovanovic, B. y Lach, S. (1991) "The diffusion of technology and inequality among nations", N° w3732, National Bureau of Economics Research.

Kaldor, N. (1966) "*Causes of the Slow Rate of Economic Growth in the United Kingdom*", Cambridge, Cambridge University Press.

Katayama, H., Lu, S. y Tybout, J.R. (2005) "Firm-level productivity studies: Illusions and a solution", *International Journal of Industrial Organization*, 27(3), pp. 403-413.

Kendrick, J.W. (1955) "Productivity", en S. Fabricant (ed), *Government in economic life* 35th Annual Report. New York: NBER, pp. 44-47.

Kendrick, J.W. (1961) "*Productivity trends in the United States*", Princeton University Press, Princeton.

Kimura, F. y Kiyota, K. (2006) "Exports, FDI, and productivity: Dynamic evidence from Japanese firms", *Review of World Economics*, 142(4), pp. 695-719.

Kiyota, K. y Urata, S. (2008) "The role of multinational firms in international trade: the case of Japan", *Japan and the World Economy*, 20(3), p. 338-352.

Kmenta, J. (1967) "On estimation of the CES production function", *International Economic Review*, 8(2), pp. 180-189.

Kneip, A. y Simar, L. (1996) "A general framework for frontier estimation with panel data", *Journal of Productivity Analysis*, 7(2-3), pp. 187-212.

Kogut, B. y Chang, S.J. (1996) "Platform investments and volatile exchange rates: Direct Investment in the US by Japanese electronics companies", *The Review of Economics and Statistics*, pp. 221-231.

Koopmans, T.C. (1951) "Analysis of production as an efficient combination of activities", *Activity analysis of production and allocation*, 13, pp. 33-37.

Koopmans, T.C. (1965) “*On the Concept of Optimal Economic Growth*”, en *The Econometric Approach to Development Planning*, Amsterdam, North Holland.

Kraay, A. (1999) “Exports and Economic Performance: Evidence from a Panel of Chinese Enterprises”, Mimeo, World Bank.

Krishna, P. y Mitra, D. (1998) “Trade liberalization, market discipline and productivity growth: new evidence from India”, *Journal of Development Economics*, 56(2), pp. 447-462.

Krugman, P. (1979) "A model of Innovation, technology transfer, and the world distribution of income", *The Journal of political economy*, pp. 253-266.

Krugman, P. (1980) "Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade", *The American Economic Review*, 70(5), p. 950-959.

Krugman P. (1987). “The Narrow Moving Band, the Dutch Disease, and the Consequences of Mrs. Thatcher. Notes on Trade in the Presence of Scale Economies”, *Journal of Development Economics*, 27, pp. 41-55.

Krugman, P. (1989) “*Industrial Organization and International Trade*”, Capítulo 20 de Schmalensee, R. y Willing, R. (eds.): *Handbook of Industrial Organization* (Vol. II), North-Holland, Amsterdam 1989, pp. 1179-1223.

Kumbhakar, S.C. y Lovell, C. (2000) “*Stochastic Frontier Analysis*”, Cambridge: Cambridge University Press.

Kumbhakar, S.C., Lozano-Vivas, A., Lovell, C.K. y Hasan, I. (2001) "The effects of deregulation on the performance of financial institutions: the case of Spanish savings banks", *Journal of Money, Credit and Banking*, pp. 101-120.

Kumbhakar, S.C. y Wang, H. (2005) "Estimation of growth convergence using a stochastic production frontier approach", *Economic Letters*, 88, pp. 300-305.

Laborda Pemán, M. y Salas Fumás, V. (2010) "¿Qué nos dicen el tamaño y la internacionalización de las empresas sobre los factores de desarrollo empresarial en España?", *Economía industrial*, 375, pp. 41-51.

Lambarraa, F., Serra, T. y Gil, J.M. (2007) "Technical efficiency analysis and decomposition of productivity growth of Spanish olive farms", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3), pp. 259-270.

Lambarraa, F., Stefanou, S., Serra, T. y Gil, J.M. (2009) "The impact of the 1999 CAP reforms on the efficiency of the COP sector in Spain", *Agricultural economics*, 40(3), pp. 355-364.

Lee, Y. y Schmidt, P. (1993) "A production frontier model with flexible temporal variation in technical efficiency", en H.O. Fried, C.A.K. Lovell and S.S. Schmidt (eds), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications* (p. 237-254). New York: Oxford University Press.

Levinsohn, J. y Petrin, A. (2003) "Estimating production functions using inputs to control for unobservables", *Review of Economic Studies*, 70(2), pp. 317-342.

Lewis, W.A (1954) “Economic Development with Unlimited Supplies of Labor”, *The Manchester School of Economics and Social Studies*, 22, pp. 139-151.

Li, L. (2008) “Multinationality and Technical Efficiency: A Neglected Perspective”, *Management International Review*, 48(1), pp. 39-63.

Lichtenberg, F.R. y Kim, M. (1989) “The Effects of Mergers on Prices, Costs, and Capacity Utilization in the US Air Transportation Industry, 1970-84”, (No. w3197). National Bureau of Economic Research.

Lööf, H., Hesmati, A., Asplund, R. y Naas, S.O. (2001) “Innovation and Performance in Manufacturing Industries: A Comparison of the Nordic Countries”, *SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance No. 457*, Stockholm.

López, R.A. (2004) “*Self-selection into the export markets: a conscious decision?*”, Indiana University paper.

López-García, P., Puente, S. y Gómez, Á.L. (2007) “Firm productivity dynamics in Spain”, (No. 0739). Banco de España.

Love, J.H. y Mansury, M.A. (2009) “Exporting and productivity in business services: Evidence from the United States”, *International Business Review*, 18(6), pp. 630-642.

Lovell, C.K. y Schmidt, P. (1988) “A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency”, en *Applications of Modern Production Theory: Efficiency and Productivity* (p. 3-32). Springer Netherlands.

Lucas, R. (1988) "On the mechanisms of economic development", *Journal of Monetary Economics*, 22, pp. 3-42.

Maddala, G. (1996) "*Introducción a la Econometría*", Prentice-Hall Ed.

Mairesse, J. y Hall, B.H. (1996) "Estimating the productivity of research and development: an exploration of GMM methods using data on French & United States manufacturing firms", (*No. w5501*). National bureau of economic research.

Mankiw, N.G., Romer, D. y Weil, D.N. (1992) "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 107, pp. 407-437.

Mankiw, N.G. (2000) "*Macroeconomía*", Antoni Bosch editor. Madrid, España.

Máñez, J.A., Rochina-Barrachina, M.E. y Sanchis, J.A. (2008) "Sunk costs hysteresis in Spanish manufacturing exports", *Review of World Economics*, 144(2), pp. 272-294.

Marcos, A.M. (1992) "Los determinantes del crecimiento de la productividad en la industria española", F. E. Pública (Ed.). Fundación Empresa Pública, Programa de Investigaciones Económicas.

Markusen, J.R. (1984) "Multinationals, Multi-Plant Economies, and the Gains from Trade", *Journal of International Economics*, 16, p. 205-226. North-Holland.

Markusen, J.R. (1995) "The boundaries of multinational enterprises and the theory of international trade", *Journal of Economic Perspectives*, 9(2), pp. 169-186.

Marrocu, E., Paci, R. y Pontis, M. (2012) "Intangible capital and firms' productivity", *Industrial and Corporate Change*, 21(2), pp. 377-402.

Marschak, J. y Andrews Jr, W.H. (1944) "Random simultaneous equations and the theory of production", *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, pp. 143-205.

Martin Pliego, F. y Ruiz-Maya, L. (2001) "*Estadística II: Inferencia*", Publicación Madrid AC.

Martínez-Burdía, E., Jara-Díaz, S. y Ramos-Real, F.J. (2003) "Adapting productivity theory to the quadratic cost function. An application to the Spanish electric sector", *Journal of Productivity Analysis*, 20(2), pp. 213-229.

Mas, M. (2005) "Infrastructures and New Technologies as Sources of Spanish Economic Growth", *Documento de trabajo 14*, Bilbao: Fundación BBVA.

Mas, M. y Pérez, F. (1990) "Los determinantes de la evolución de la productividad en España", Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.

Mas, M. y Quesada, J. (2006) "The Role of ICT in the Spanish Productivity Slowdown", *Documento de trabajo 5*, Bilbao: Fundación BBVA.

Mas, M., Maudos, J., Pérez, F. y Uriel, E. (1994) "Capital público y productividad en las regiones españolas", *Moneda y Crédito*, 198, pp. 163-193.

Mas, M., Milana, C. y Serrano, L. (2008) "Spain and Italy: Catching up and falling behind. Two different tales of productivity slowdown", *Industrial Productivity in Europe: Growth and Crisis*, pp. 161-191.

Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L. (1998) "Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad", *Revista española de economía*, 15(2), pp. 235-264.

Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L. (2000a) "Crecimiento de la productividad y su descomposición en progreso técnico y cambio de eficiencia: una aplicación sectorial y regional en España (1964-93)", *Investigaciones Económicas*, 24(1), pp. 177-205.

Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L. (2000b) "Efficiency and productive specialization: an application to the Spanish regions", *Regional Studies*, 34(9), pp. 829-842.

McDermott, G.A. y Mejstrik, M. (1993) "The role of small firms in Czechoslovak manufacturing", en Z. J. Acs & D. B. Audretsch (Eds.), *Small firms and entrepreneurship: An east-west perspective* (pp. 155-181). Cambridge: Cambridge University Press.

Meeusen, W. y Van den Broeck, J. (1977) "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error", *International economic review*, pp. 435-444.

Melitz, M.J. (2000) "*Estimating level productivity in differentiated product industries*", Mimeo, Harvard University.

Melitz, M.J. (2003) "The Impact of Trade on Aggregate Industry Productivity and Intra-Industry Reallocations", *Econometrica*, 71(6), pp. 1695-1725.

Melitz, M.J. y Ottaviano, G.I. (2003) "*Market size, trade and productivity*", Mimeo, Harvard University.

Mengistae, T. y Pattillo, C.A. (2002) "*Export orientation and productivity in Sub-Saharan Africa*", (No. 2002-2089). International Monetary Fund.

Mengistae, T. y Pattillo, C.A. (2004) "Export Orientation and Productivity in Sub-Saharan Africa", *IMF Staff papers*, 51(2), pp. 327-353.

Messineo, F. (1979) "*Manual de Derecho Civil y Comercial, tomo II*", Buenos Aires: EJEA.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014) "Retrato de las Pyme 2014. Subdirección General de Apoyo a la Pyme", Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. Elabora, coordina y distribuye: Dirección General de Industria y de la PYME.

Miñarro, A. (1998) "Estimación no paramétrica de la función de densidad", *Universidad de Barcelona*.

Mok, V., Yeung, G., Han, Z. y Li, Z. (2010) "Export orientation and technical efficiency: clothing firms in China", *Managerial and Decision Economics*, 31(7), pp. 453-463.

Nadiri, M.I. (1970) "Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A survey", *Journal Economic Literature*, 8(4), pp. 1137-1177.

Narula, R. y Zanfei, A. (2005) "Globalisation of innovation", *Handbook of Innovation*, pp. 318-345.

Nelson, R. (1981) "Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and New Departures", *Journal Economic Literature*, 19(3), pp. 1029-1064.

Nemoto, J. y Goto, N. (2003) "Measurement of Dynamic Efficiency in Production: An Application of Data Envelopment Analysis to Japanese Electric Utilities", *Journal of Productivity Analysis*, 19, pp. 191-210.

Neter, J., Wasserman, W. y Kutner, M.H. (1990) "*Applied Linear Statistical Models*", 3a ed., M.A: Irwin.

Nguyen, S. y Reznak, A. (1993) "Factor Substitution in Small and Large US Manufacturing Establishments: 1977-1982", *Small Business Economics*, 5, pp. 37-54.

Nurske, R. (1953) "*Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*", Nueva York, Oxford University Press.

Oberhofer, H. y Pfaffermayr, M. (2012) "FDI versus exports: multiple host countries and empirical evidence", *The World Economy*, 35(3), pp. 316-330.

Olley, S. y Pakes, A. (1996) "The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry", *Econometrica*, 64, pp. 1263-1297.

Organization for Economic Cooperation and Development. (2001) "*Measuring Productivity: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth: OECD Manual*", Organization for Economic Co-operation and Development.

Organization for Economic Cooperation and Development (2004) "*The Economic Impact of ICT Measurement, Evidence and Implications*", Paris, OECD.

Ornaghi, C. (2006) "Spillovers in product and process innovation: Evidence from manufacturing firms", *International Journal of Industrial Organization*, 24(2), pp. 349-380.

Ottaviano, G. (2005) "National Disparities and Regional Allocation of Resources: A Positive Framework". *Mimeo*, Universidad de Bologna.

Pahwa, A., Feng, X. y Lubkeman, D. (2003) "Performance evaluation of electric distribution utilities base don Data Envelopment Analysis", *IEEE PES Transactions on Power Systems*, 8(1), pp. 400-405.

Palacio, J. I. (2002) "Política industrial activa para microempresas en el funcionamiento de los mercados: Una perspectiva española", en A. Mungaray, J. I. Palacio y C. Ruiz Durán (coords.), *Potencial de la*

vinculación universitaria para una política microempresarial: Una perspectiva española, México, M.A.Porrúa-UABC-UCLM.

Park, A., Yang, D., Shi, X. y Jiang, Y. (2010) “Exporting and firm performance: Chinese exporters and the Asian financial crisis”, *The Review of Economics and Statistics*, 92(4), pp. 822-842.

Parkin, M. (1995) “*Microeconomía*”, Addison Wesley, Washington.

Pastor, J., Perez, F. y Quesada, J. (1997) “Efficiency analysis in banking firms: An international comparison”, *European Journal of Operational Research*, 98(2), pp. 395-407.

Pavcnik, N. (2002) “Trade liberalization, exit, and productivity improvements: Evidence from Chilean plants”, *The Review of Economic Studies*, 69(1), pp. 245-276.

Perdomo, J.A. y Mendieta, J. (2007) “Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero de colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos”, *Revista Desarrollo y Sociedad*, 60, pp. 1-45.

Perdomo, J.A. y Hueth, D. (2010) “Funciones de producción y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica”, *Technical Report 007606*, Universidad de los Andes.

Perdomo, J.A. y Hueth, D.L. (2011) “Funciones de producción, análisis de economías a escala y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica”, *Revista Colombiana de Estadística*, 34(2), pp. 377-402.

Pérez, F. y Serrano, L. (2000) “Capital humano y patrón de crecimiento sectorial y territorial: España (1964-1998)”, Informe.

Pesaran, H. y Schmidt, P. (eds.) (1997) “*Handbook of Applied Econometrics: Microeconometrics*”, Volume II, Oxford: Basil Blackwell.

Petrin, A., Levinsohn, J. y Poi, B.P. (2003) “Production function estimation in STATA using inputs to control for unobservables”, *Stata journal*, 4, pp. 113-123.

Pfaffermayer, M. (1996) "Ownership advantages, home production, foreign production and exports of direct investing-Some evidence from Austrian firms", *Empirica*, 23(3), pp. 317-328.

Pfaffermayer, M. y Bellak, C. (2000) "Why foreign-owned firms are different: A conceptual framework and empirical evidence for Austria", *Nº15, HWWA discussion paper*.

Pilat, D. (2004) “The ICT Productivity Paradox: Insights from Micro Data”, *OECD Economic Studies*, 38, pp. 37-65.

Pires, J. y Garcia, F. (2012) “Productivity of nations: A stochastic frontier approach to TFP decomposition”, *Economic Research International*, Article ID 584869.

Pombo, C. (1999) “Productividad industrial en Colombia: una aplicación de números índices”, *Revista de economía del Rosario*, 2(1), pp. 107-139.

Prescott, C.E. (1998) "Needed: A theory of total factor productivity", *International Economic Review*, 39, pp. 529-549.

Prior, D. (1990) "La productividad industrial de las Comunidades Autónomas", *Investigaciones Económicas*, Vol. XIV (2), pp. 257-267.

Rangan, S. y Sengul, M. (2009) "The Influence of Macro Structure on the Foreign Market Performance of Transnational Firms: The Value of IGO Connections, Export Dependence, and Immigration Links", *Administrative Science Quarterly*, 54, pp. 229-267.

Ray, S.C. (2004) "Data Envelopment Analysis. Theory and Techniques for Economics and Operations Research", Cambridge University Press. Cambridge.

Roberts, M. y Tybout, J. (1997) "The Decision to Export in Columbia: An Empirical Model of Entry with Sunk Costs", *American Economic Review*, 87(4), pp. 545-564.

Roca, O. y Sala, H. (2005) "Producción, empleo y eficiencia productiva de la empresa española: Una radiografía a partir de SABE", *Boletín Económico del ICE*, 2857, pp. 21-38.

Rodríguez López, M. (2001) "*Métodos y modelos de pronóstico de fracaso empresarial. Una aproximación empírica a la rentabilidad empresarial de la Comunidad Autónoma de Galicia*", Tesis Doctoral, Universidad de A Coruña.

Rodríguez-Fernández, J.M. y Maté-García, J. J. (2006) "Productividad del trabajo y continuidad en la inversión tecnológica: un análisis empírico en las empresas manufactureras españolas", *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 27, pp. 61-84.

Romer, D., Trinidad, G. y Flamini, E. (2002) “*Macroeconomía avanzada*”, McGraw-Hill Ed.

Romer, P. (1987) “Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization”, *American Economic Review Papers and Proceedings* 77, pp. 56-72.

Romer, P. (1989a) “*Capital Accumulation in the Theory of Long-run Growth*”, en *modern Business Cycle Theory*, ed. R. Barro, Cambridge, MA Harvard University Press.

Romer, P. (1989b) “*Human Capital and Growth: Theory and Evidence*”, *Working Papers No.3173*, National Bureau of Economic Research, Cambridge.

Romer, P. (1990) “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy*, 98, pp. 5.

Rosenberg, N. (1982) “*Inside the Black Box: Technology and Economics*”, Cambridge: Cambridge University Press.

Ruano, S. (1999) “Firm-level productivity dynamics in Spanish Manufacturing”, *Documento de Trabajo 9908*.

Rugman, A. M. y Verbeke, A. (2005) “Towards a theory of regional multinationals: A transaction cost economics approach”, *MIR: Management International Review*, pp. 5-17.

Sala-i-Martin, X. y Artadi, E.V. (1999) “*Apuntes de crecimiento económico*”, Antoni Bosch Editors.

Samuelson, P. (1954) "The transfer problem and transport costs, II: Analysis of effects of trade impediments", *The Economic Journal*, 64(254), pp 264–289.

Schmidt, P. y Sickles, R.C. (1984) "Production frontiers and panel data", *Journal of Business and Economic Statistics*, 2, pp. 367-374.

Schumacher, E.F. (1999) "*Small is Beautiful*", Washington, Hartkey & Marks Pbs.

Segura, J.M. (1969) "*Función de producción, macrodistribución y desarrollo*", Madrid (España): Editorial Tecnos.

Segura, J.M. (1972) "¿Se puede hacer algo con la función de producción neoclásica en España?", *Anales de economía*, 16, pp. 31-45.

Segura, J.M. (1989) "Funciones de producción: una estimación para la industria española, 1964-1985", XIV Simposio de Análisis Económico, Barcelona (España).

Seiford, L.M. (1990) "*A bibliography of data envelopment analysis (1978-1990)*", University of Massachusetts.

Serra, T., Lansink, A.O. y Stefanou, S.E. (2011) "Measurement of dynamic efficiency: a directional distance function parametric approach", *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), pp. 752-763.

Serrano, L. (1999) “Capital Humano, Estructura Sectorial y Crecimiento en las Regiones Españolas”, *Investigaciones Económicas*, 23(2), pp. 225-249.

Silverman, B.W. (1986) “Density estimation for statistics and data analysis”, (Vol. 26). CRC press.

Smeets, V. y Warzynski, F. (2010) “*Learning by Exporting, Importing Or Both?: Estimating Productivity with Multi-product Firms, Pricing Heterogeneity and the Role of International Trade*”, Aarhus School of Business, Department of Economics.

Smith, A. (1994) “*Riqueza de las naciones (1776)*”, Madrid: Alianza Editorial.

Solow, R.M. (1957) "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312-320.

Solow, R.M. (1994) “Perspective on Growth Theory”, *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), pp. 45-54.

Stokey, N. (1988) “Learning by Doing and the Introduction of New Goods”, *Journal of Political Economy*, August, pp. 701-717.

Stokey, N. (1991) “Human Capital, Product Quality, and Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp. 587-616.

Strassmann, P.A. (1990) ”*The Business Value of Computers: an Executive’s Guide*”, New Canaan, CT, The Information Economic Press.

Syverson, C. (2004) “Product substitutability and productivity dispersion”, *Review of Economics and Statistics* 86(2), pp. 534–550.

Thore, S., Kozmetsky, G. y Phillips, F. (1994) “DEA of financial statements data: the US computer industry”, *Journal of Productivity Analysis*, 5(3), pp. 229-248.

Timmer, M.P., Los, B., Stehrer, R. y De Vries, G. J. (2013) “Fragmentation, incomes and jobs: an analysis of European competitiveness”, *Economic Policy*, 28(76), pp. 613-661.

Tinbergen, J. (1942) “*Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung*”, *Weltwirtschaftliches Archiv*, Band 5, no. 1, p. 51—549 Traducción en inglés (1959), “*On the Theory of Trend Movements*,” en L. H. Kiasen, L. M. Koyck, and H. J. Witeven, eds., *Jan Tinbergen, Selected Papers*. Amsterdam: North-Holand.

Tintner, G. (1944) “A note on the derivation of production functions from farm records”, *Econometrica* 12(1), pp. 26-34.

Tulkens, H. (1993) “On FDH Efficiency Analysis: Some methodological issues an applications to retail Banking, Courts, and Urban Transit”, *Journal of Productive Analysis*, 4, pp. 183-210.

Tybout, J., de Melo, J. y Corbo, V. (1991) “The effects of trade reforms on scale and technical efficiency: New evidence from Chile”, *Journal of International Economics*, 31, pp. 231–259.

Tybout, J.R. (2003) “*Plant- and Firm-Level Evidence on New Trade Theories*”, en K. Choi and J. Harrigan (eds.), *Handbook of International Trade*, Blackwell.

Uzawa, H. (1965) "Optimal technical change in an aggregative model of economic growth", *International Economic Review*, 6(1), pp. 18-31.

Van Beveren, I. (2012) "Total factor productivity estimation: A practical review", *Review Journal of Economic Surveys*, 26(1), pp. 98-128.

Van Biesebroeck, J. (2006) "Exporting Raises Productivity in sub-Saharan African Manufacturing Firms", *Journal of International Economics*, Vol. 67 (2), pp. 373-391.

Varian, H.R. (1992) "*Microeconomic analysis*", (Vol. 2). New York: Norton.

Vázquez Rojas, A.M. (2011) "*Eficiencia técnica y cambio de productividad en la educación superior pública un estudio aplicado al caso español (2000-2009)*", Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid.

Vergara, R. y Rivero, R. (2006) "Productividad sectorial en Chile: 1986-2001", *Cuadernos de Economía*, 43(127), pp. 143-168.

Vogel, A. y Wagner, J. (2010) "Higher productivity in importing German manufacturing firms: self-selection, learning from importing, or both?", *Review of World Economics*, 145(4), pp. 641-665.

Wagner, J. (2006) "Exports, foreign direct investment, and productivity: Evidence from German firm level data", *Applied Economics Letters*, 13(6), pp. 347-349.

Wagner, J. (2007) "Exports and Productivity: A Survey of the Evidence from Firm- Level Data", *WP4*, University of Lüneburg.

Wand, M.P y Jones, M.C. (1995) "*Kernel Smoothing*", Chapman & Hall, Londres.

Wieser, R. (2005) "Research and Development, Productivity and Spillovers: Empirical Evidence at the Firm level", *Journal of Economic Surveys*, 19(4), pp. 587–621.

Wooldridge, J.M. (2002) "*Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*", Cambridge, MA: MIT Press.

Wooldridge, J.M. (2006) "*Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*", Segunda Edición, Thomson Paraninfo, Madrid.

Yang, C-H. y Chen, K-H. (2009) "Are small firms less efficient", *Small Business Economics*, 32, pp. 375-395.

Yeaple, S.R. (2005) "A simple model of firm heterogeneity international trade and wages", *Journal of International Economics*, 65, pp. 1-20.

Young, A. (1993) "Invention and Bounded Learning by Doing", *Journal of Political Economy*, 101, pp. 443-472.

Young, A. (1994) "Lessons from the East Asian NICs: A contrarian view", *European Economic Review*, 38(3), pp. 964-973.

