

TESIS DOCTORAL

ENSAYOS SOBRE LA EFICIENCIA DEL SECTOR FINANCIERO

PhD THESIS

ESSAYS ON THE EFFICIENCY OF THE FINANCIAL SECTOR

AUTOR

D. DAVID PAZ SAAVEDRA

DIRECTORES

DR. D. PABLO COTO MILLÁN

DR. D. XOSÉ LUÍS FERNÁNDEZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Escuela de **Doctorado** de la Universidad de Cantabria

Santander **2023**

AGRADECIMIENTOS

A través de estas líneas quiero dedicar la finalización de esta Tesis Doctoral a todas aquellas personas que me han acompañado y facilitado su apoyo, consejo y ánimo a lo largo de este proceso, sin las cuales no hubiera sido posible lograr este objetivo.

En primer lugar, agradecer a mis directores de la tesis, que me han guiado y transmitido sus conocimientos durante todo este tiempo. Al profesor y catedrático, Dr. D. Pablo Coto Millán, por brindarme la oportunidad de realizar este programa de doctorado y por la confianza que siempre ha depositado en mí. Su apoyo y participación han sido indispensables en la realización de este trabajo. En especial, agradecer al profesor Dr. D. Xosé Luis Fernández López, su disponibilidad y compromiso permanente han permitido que pudiese finalizar esta tesis doctoral. Sin su generosidad, esto no habría sido posible.

En segundo lugar, quiero agradecer a la profesora Dra. D^a. Marta de la Fuente, sus consejos y motivación han contribuido notablemente en la realización de esta tesis.

También me gustaría expresar el agradecimiento a mis compañeros del Departamento de Economía de la Universidad de Cantabria por su profesionalidad, amabilidad y compañerismo, así como a la Escuela de Doctorado de la Universidad de Cantabria por su inestimable ayuda en todo este proceso.

A mis padres, Tonete y María Jesús, por ayudarme siempre, en los buenos y en los malos momentos, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi hermano Hugo, su bondad y sencillez siempre han sido un ejemplo para mí.

A mi mujer Ana, por haberme apoyado en todo momento, sin sus ánimos, su paciencia y su comprensión no lo habría conseguido.

Especialmente, a mi querido hijo Lucas, su nacimiento ha sido la fuente de motivación para terminar esta tesis.

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	9
Referencias	12
2. REVISION SISTEMATICA DE LITERATURA SOBRE EFICIENCIA FINANCIERA UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE FRONTERA ESTOCÁSTICA (SFA)	13
2.1 Introducción	15
2.2 Concepto de eficiencia	19
2.3 Técnicas de estimación de frontera	22
2.4 Estimaciones SFA	24
2.5 Metodología de la investigación	27
2.5.1 Proceso de selección de publicaciones	27
2.6 Datos y estadísticas básicas	29
2.6.1 Estadísticas de los SFA del sector bancario por citas	30
2.6.2 Estadísticas de los SFA en el sector bancario por revista	34
2.6.3 Estadísticas de los SFA en el sector bancario por revistas más influyentes	36
2.6.4 Estadísticas de los SFA en el sector bancario por número de citas e impacto de las revistas	37
2.6.5 Estadísticas de los SFA en el sector bancario por palabras-clave	38
2.6.6 Estadísticas de los SFA según el tipo de eficiencia	40
2.6.7 Estadísticas de los SFA en sector bancario según los enfoques input-output	41
2.6.8 Estadísticas de los SFA en el sector bancario por área geográfica	43
2.7 Estudios actuales, tendencias futuras y recomendaciones	46
2.8 Resultado y conclusiones	48
Referencias	50
3. EL IMPACTO DEL BREXIT EN LA EFICIENCIA BANCARIA: EVIDENCIA DEL REINO UNIDO E IRLANDA	57
3.1 Introducción	59
3.2 Revisión de la literatura	66
3.2.1 Concepto de Eficiencia	66
3.2.2 Eficiencia Bancaria	69

3.2.2.1 Determinación de las variables input-output	72
3.3 Metodología.....	75
3.3.1 Estimación por técnicas estocásticas.....	76
3.3.2 Estimación por técnicas no paramétricas.....	80
3.3.3 Análisis de regresión de Simar-Wilson (2007)	82
3.4 Datos	83
3.5 Resultados del análisis de eficiencia.....	86
3.5.1 Estimación SFA.....	86
3.5.2 Estimación DEA	91
3.6. Conclusiones.....	92
Referencias	94
4. INFLUENCE OF <i>BREXIT</i> ON THE EFFICIENCY OF THE MAIN GLOBAL FINANCIAL CENTRES	103
4.1 Introduction.....	105
4.1.1 <i>Brexit</i> and the London GFC.....	106
4.2 Literature review.....	109
4.3 Methodology.....	110
4.3.1 DEA Meta-frontier model.....	111
4.3.2 Regression analysis (Simar and Wilson 2007).....	113
4.4 Data analysis.....	114
4.5 Results and conclusions.....	121
References	134
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Eficiencia técnica	20
Gráfico 2. Eficiencia asignativa	21
Gráfico 3. Tendencia anual de publicaciones <i>BankSFA</i> (1990–2021)	30
Gráfico 4. Número de citas por año de publicación <i>BankSFA</i> (<i>Scopus</i>) (1990–2021)	31
Gráfico 5. Número de citas por año de publicación <i>BankSFA</i> (<i>Google Scholar</i> y <i>Scopus</i>) (1990-2021).....	32
Gráfico 6. <i>Google Scholar</i> y <i>Scopus</i> según publicación <i>BankSFA</i> (1990-2021)	33
Gráfico 7. Promedio de citas de <i>Scopus</i> e impacto de las revistas en los artículos <i>BankSFA</i> (índice de impacto SJR).....	38
Gráfico 8. Estimaciones más utilizadas en los artículos <i>BankSFA</i> (1990-2021)	41
Gráfico 9. Enfoques input-output en los artículos <i>BankSFA</i> (1990-2021)	43
Gráfico 10. Distribución por área geográfica y número de citas <i>Scopus</i> de los artículos <i>BankSFA</i> (1990-2021)	46
Gráfico 11. Enfoques input - output.....	75
Gráfico 12. Evolución eficiencia técnica sector bancario de Irlanda y Reino Unido durante el periodo (2007-2016).....	90
Figure 13. Temporal evolution of PTE according to GFC.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de investigación	17
Tabla 2. Palabras clave, número de publicaciones y tipo de revisión	28
Tabla 3. Autores más citados en los <i>BankSFA</i> (1990 – 2021)	34
Tabla 4. Distribución de revistas con el mayor número de artículos <i>BankSFA</i> (1990–2021)	35
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de revistas y artículos <i>BankSFA</i> (1990–2021)	36
Tabla 6. Distribución de revistas con el mayor número de citas <i>BankSFA</i> (1990–2021)	37
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de las 12 palabras clave más utilizadas en los artículos de <i>BankSFA</i> (1990-2021)	39
Tabla 8. Clasificación por área geográfica y número de citas <i>Scopus</i> de los artículos de <i>BankSFA</i> (1990-2021)	44
Tabla 9. Resumen de los estadísticos de las variables input-output	84
Tabla 10. Deflactor	85
Tabla 11. Variables explicativas de eficiencia	86
Tabla 12. Estimación SFA (periodo 2007-2016)	88
Tabla 13. Eficiencia media Reino Unido e Irlanda	90
Tabla 14. Parámetros estimados por el modelo de regresión de Simar-Wilson	92
Table 15. Summary statistics	116
Table 16. Average banking efficiency for the period 2007-2019 according to GFC	118
Table 17. Efficiency explanatory variables	121
Table 18. Technical efficiency (<i>TE_k</i>), Metafrontier efficiency (<i>TE_{meta}</i>) and technological gaps (<i>TGR</i>)	122
Table 19. PTE variations by financial periods	124
Table 20. Parameter estimates for the Simar-Wilson regression model (2007-2019)	125
Annex 1. <i>Brexit's</i> sequence of events	127

1.INTRODUCCIÓN

Esta tesis doctoral consta de tres ensayos sobre eficiencia en el sector financiero en los últimos años. La línea principal de investigación estudia la relación entre la eficiencia bancaria y los *shocks* externos. El periodo de estudio comprende las tres últimas décadas de la historia reciente en un contexto geográfico mundial. En el primer ensayo se hace una revisión sistemática de literatura sobre la eficiencia del sector bancario utilizando métodos de Análisis de Frontera Estocástica. El segundo y el tercer ensayo analizan la eficiencia del sector financiero en el contexto de inestabilidad política y económica provocado por el proceso de salida del Reino Unido de la Unión Europea.

La importancia del sistema financiero en el desarrollo de los países ha sido aceptada desde los inicios del análisis económico. Adam Smith (1776) en su obra clásica "La riqueza de las naciones" destacó el papel de los bancos y los mercados financieros en la asignación eficiente de recursos y en el desarrollo económico. Keynes en su obra "Teoría general del empleo, el interés y el dinero" (1936), argumenta que el sector financiero, a través de la inversión y el gasto, puede desempeñar un papel crucial en la estimulación o desaceleración de la economía. Goldsmith (1969) contribuye a comprender cómo la estructura y el funcionamiento del sistema financiero pueden influir en el crecimiento económico, la estabilidad financiera y la eficiencia en la asignación de recursos en una economía. Los trabajos de Stiglitz (1985) y Minsky (1986) destacan la importancia del sector financiero en la generación y amplificación de crisis económicas, resaltando que la existencia de instituciones financieras estables y eficientes es fundamental para facilitar la intermediación financiera y canalizar los recursos hacia proyectos productivos que impulsen el crecimiento económico. En este sentido, King y Levine (1993) presentan evidencia empírica a partir de un análisis a nivel internacional y encuentran una fuerte asociación positiva entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico, lo que sugiere que los países con sistemas financieros mejor desarrollados tienden a experimentar tasas de expansión económica más altas. En otro trabajo muy influyente, Shiller (2000) analiza el papel de las emociones y los comportamientos irracionales en los mercados financieros, subrayando la relación del sector financiero con la psicología humana.

No hay duda de que el sistema financiero cumple una función muy específica en la economía de libre mercado, actuando de intermediario entre ofertantes y demandantes de fondos. Por un lado, los bancos tienen la capacidad de recibir el ahorro de una sociedad, y por otro, distribuirlo entre los agentes económicos que lo necesitan para llevar a cabo sus actividades de consumo e inversión.

En el primer ensayo de esta tesis doctoral se realiza una revisión sistemática de literatura de la eficiencia bancaria usando como metodología las técnicas de análisis de fronteras estocásticas (SFA en adelante) dentro del sector bancario. Este ensayo tiene como objetivo ayudar a nuevos investigadores proporcionando una revisión crítica de la aplicación de SFA en el sector bancario. En él se identifica el estado del arte del conocimiento científico en este campo de investigación. Así, se identifican, entre otros aspectos, los avances metodológicos, principales tópicos, revistas y autores más influyentes y las áreas geográficas estudiadas. En este ensayo se identifican 562 artículos mediante la búsqueda de palabras clave (*bank, stochastic frontier, efficiency*) en la base de datos *Scopus*. Posteriormente, se seleccionan y revisan en profundidad los 133 artículos más influyentes de la literatura científica en el área. Los resultados muestran que la revista *Journal of Banking & Finance* es la más relevante en número de citas y publicaciones. El artículo más citado considerando la base de datos *Scopus* es *Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence* (Ferrier y Lovell, 1990). Por otro lado, los autores con mayor número de citas en esta revisión de literatura son Bonin et al., (2005). Las palabras clave más utilizadas son *Bank, Efficiency y Stochastic Frontier Analysis*. La metodología más común es la eficiencia de costes y el enfoque más utilizado es el enfoque de intermediación. Por áreas geográficas, Europa, U.S y China son los sectores bancarios con mayor impacto, tanto por número de publicaciones como por número de citas.

El segundo ensayo tiene como objetivo evaluar la relación entre la eficiencia bancaria y los *shocks* externos. El principal *shock* externo que afecta a la economía europea en los últimos años es el proceso de inestabilidad política y económica conocido como *Brexit*. Mediante un referéndum llevado a cabo en 2016, se decide, por un estrecho margen de votos, la salida de Reino Unido de la Unión Europea (UE en adelante). Cabe destacar que el sector financiero de

Reino Unido ha sido históricamente un sector clave para su economía, contribuyendo al Producto Interior Bruto en mayor proporción que el grueso de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (en adelante OCDE) (UK Parliament, 2022).

El efecto del *Brexit* se estudia tanto sobre la eficiencia bancaria británica como irlandesa (país de la Eurozona más cercano). Para ello, se estima la eficiencia técnica de los 56 principales bancos británicos e irlandeses durante el periodo 2007-2016. En este análisis se utilizan tanto métodos paramétricos (Análisis de Fronteras Estocásticas, SFA) como no paramétricos (Análisis Envolvente de Datos, en adelante DEA), obteniendo los niveles de eficiencia bancaria. Además, se evalúa el efecto del *Brexit* sobre los índices de eficiencia bancaria de ambas economías.

El tercer ensayo sigue la línea de investigación principal ampliándola a un contexto internacional. En él se evalúa la eficiencia de los dos principales Centros Financieros Globales (Nueva York y Londres) en un periodo de disputa por el liderazgo financiero mundial. Utilizando modelos de dos etapas (Meta Frontier-DEA, y el método bootstrapping propuesto por Simar y Wilson, 2007), se estima la eficiencia financiera de los 70 principales bancos que operan en los dos centros financieros globales (en adelante GFC, por sus siglas en inglés) durante el período (2007-2019). En la segunda etapa se analiza el efecto de la crisis del *Brexit* sobre la eficiencia bancaria de ambos GFC y se comparan los resultados de los periodos pre-*Brexit* y post-*Brexit*.

Finalmente, se incluye un capítulo de resumen y conclusiones, en el que se destacan las principales conclusiones obtenidas en los tres ensayos analizados.

Referencias

- Bonin, J. P., Hasan, I., y Wachtel, P. (2005). Bank performance, efficiency and ownership in transition countries. *Journal of banking & finance*, 29(1), 31-53.
- Ferrier, G. D., y Lovell, C. K. (1990). Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence. *Journal of econometrics*, 46(1-2), 229-245.
- Goldsmith, R. W. (1969). *Financial structure and development* (No. HG174 G57).
- Keynes, J.M., (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Nueva York: Harcourt and Brace.
- King, R. G., y Levine, R. (1993). Finance, entrepreneurship, and growth. *Journal of Monetary economics*, 32(3), 513-542.
- Minsky, H. (1986). *Stabilizing an Unstable Economy*. Yale University Press. *New Haven, Connecticut*.
- Shiller, R. C. (2000). Irrational exuberance. *Philosophy and Public Policy Quarterly*, 20(1), 18-23.
- Simar, L., y Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, 136(1), 31-64.
- Smith, A. (1937). *The wealth of nations* [1776] (Vol. 11937).
- Stiglitz, J. E. (1985). Credit markets and the control of capital. *Journal of Money, credit and Banking*, 17(2), 133-152.
- UK Parliament (2022). <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/sn06193/>.

2. REVISION SISTEMATICA DE LITERATURA SOBRE EFICIENCIA FINANCIERA UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE FRONTERA ESTOCÁSTICA (SFA)

Resumen: El principal objetivo de este trabajo es presentar una revisión de literatura sistemática de las publicaciones de estimación de eficiencia basadas en técnicas de análisis de fronteras estocásticas (SFA) dentro del sector financiero. En concreto, este ensayo tiene como objetivo identificar las principales fuentes de conocimiento en términos de revistas, autores, metodologías, palabras clave, áreas geográficas más influyentes. En resumen, este trabajo presenta una revisión detallada de 133 artículos relacionados con el sector bancario que utilizan métodos paramétricos (métodos de fronteras estocásticas) para la estimación de la frontera de eficiencia. En primer lugar, se analiza el concepto de eficiencia, se analiza el SFA como método econométrico, luego se detalla la revisión de literatura previa en el sector bancario. Inicialmente se seleccionan 562 artículos mediante la búsqueda de palabras clave en la base de datos *Scopus*, para posteriormente realizar el análisis del contenido de los 133 artículos más influyentes. Los resultados muestran que la revista *Journal of Banking & Finance* es la más relevante en número de citas y publicaciones. El artículo más citado es *Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence* y los autores más influyentes son Bonin et al., (2005). Las palabras clave más utilizadas son *Bank*, *Efficiency* y *Stochastic Frontier Analysis*. La metodología más común es la eficiencia de costes y el enfoque de las variables input-output más utilizado es el enfoque de intermediación. Por áreas geográficas, Europa, U.S y China son las áreas más estudiadas en la presente revisión de literatura. Esta revisión de literatura trata de ayudar a los investigadores a elegir el método, seleccionar y justificar las variables del modelo y encontrar la revista más adecuada para su publicación.

Palabras-clave: Eficiencia; sector bancario; análisis de frontera estocástica, SFA, revisión de literatura sistemática, SLR.

Abstract: The main objective of this investigation is to present a systematic literature review of efficiency estimation publications based on stochastic frontier (SFA) techniques within the financial sector. Specifically, this essay aims to identify the main sources of knowledge in terms of most influential journals, authors, methodologies, keywords, geographical areas. In summary, this paper presents a detailed review of 133 articles related to the banking sector that use parametric methods (stochastic frontier methods) to estimate the efficiency frontier. First, the concept of efficiency is analysed, the SFA is analysed as an econometric method, then the review of previous literature in the banking sector is detailed. Initially, 562 articles are selected by searching for keywords in the *Scopus* database, to later carry out the analysis of the content of the 133 most influential articles. The results show that the *Journal of Banking & Finance* is the most relevant in number of citations and publications. The most cited article is *Measuring cost efficiency in banking: econometric and linear programming evidence* and Bonin et al., (2005) the authors most cited. The most used keywords are Bank, Efficiency and Stochastic Frontier Analysis. The most common methodology is cost efficiency and the most widely used approach to input-output variables is the intermediation approach. By geographical areas, Europe, the US and China are the most studied areas in this literature review. This literature review tries to help researchers choose the method, select and justify the model variables, and find the most suitable journal for their publication.

Keywords: Efficiency; banking sector; Stochastic Frontier Analysis, SFA, Systematic Literature Review, SLR.

JEL classification: G21; D24; N20

2.1 Introducción

El sector financiero juega un papel vital en el desarrollo económico de cualquier país. Su solidez permite la gestión eficiente de fondos e inversiones, fortaleciendo el sistema y permitiendo el desarrollo económico de un país (Ferreira, 2012; Ayadi et al., 2015). El objetivo de las instituciones financieras es llevar a cabo sus actividades de manera efectiva y rentable, al mismo tiempo que ofrezcan servicios de calidad a sus clientes y protegen los intereses de los inversores y depositantes. La eficiencia en el sector financiero es clave para el crecimiento económico, ya que el acceso a los servicios financieros y la inversión adecuada son esenciales para financiar proyectos empresariales y mejorar la calidad de vida de la población. Además, la eficiencia también tiene un impacto directo en la estabilidad financiera (Schaeck y Cihák, 2014), ya que las instituciones financieras ineficientes pueden llevar a la inestabilidad del sistema financiero y a una mayor probabilidad de crisis financieras (Andrieș y Ursu, 2016).

Dentro del sistema financiero el sector bancario ocupa una posición predominante. La revisión de literatura existente sobre eficiencia en el sector bancario generalmente se aborda a través de la comparación de las dos técnicas principales de estimación: la no paramétrica, Análisis Envolvente de Datos (DEA), y la paramétrica, Análisis de Frontera Estocástica (SFA). Prueba de ello son los *surveys* realizados por Berger et al. (1993), Berger y Humphrey (1997), Mokhtar et al., (2006); Kumar y Gulati, (2014), Bhatia, et al., (2018) y Aiello y Bonanno (2018). Menos numerosos son las revisiones de literatura que se centran exclusivamente en el DEA (Fethi y Pasiouras, 2010; Paradi y Zhu, 2013). Sin embargo, a conocimiento del autor, ninguna de las revisiones de literatura existentes aborda en profundidad y en exclusiva el SFA.

Principalmente existen dos tipos de revisiones de literatura, la revisión de bibliográfica tradicional (TLS en adelante) y la revisión sistemática de literatura (SLR en adelante). En la TLS, los investigadores suelen resumir, analizar, evaluar, y aclarar ideas de los artículos publicados por otros investigadores (Wakefield, 2014) a través de un enfoque basado en los criterios de los autores. Por el contrario, la SLR se lleva a cabo con técnicas de búsqueda definidas,

preguntas de investigación, extracción de datos y presentaciones (Kitchenham et al., 2009; Ahmad et., 2020). En las revisiones de literatura sobre eficiencia en el sector bancario, la mayoría de los estudios han adoptado el método tradicional (Colwell y Davis, 1992; Toby, 2006; Fethi y Pasiouras, 2010; Iršová y Havránek, 2010; Paradi y Zhu, 2013; Sharma et al., 2013; Kumar y Gulati, 2014; Jia, 2016) siendo menor el número de publicaciones que utilizan el método sistemático (Aiello y Bonanno, 2016; Aiello y Bonanno, 2018).

Dado el escaso nivel de atención que la literatura previa ha prestado a la eficiencia bancaria con técnicas SFA, esta investigación pretende contribuir a la literatura científica en el área realizando una revisión sistemática de las publicaciones más relevantes. Para ello se plantean las siguientes preguntas de investigación (tabla 1): ¿Cuál es el número de publicaciones SFA en la literatura bancaria? ¿De qué forma se ha estudiado la eficiencia bancaria con la metodología SFA y con qué profundidad? ¿Cuáles son las principales contribuciones de la metodología SFA a la literatura sobre el sector bancario, y dónde se han publicado? ¿Cuáles son las técnicas de estimación más utilizadas? ¿Qué tópicos han sido los debatidos en la literatura científica con técnicas SFA? ¿Cómo se ha abordado el estudio del sector financiero en términos de variables y modelos input-output? ¿qué áreas geográficas son la más estudiadas? Por último, ¿cuáles son las carencias en la literatura y los futuros desafíos de investigación?

Tabla 1. Preguntas de investigación

I.D.	Pregunta de investigación	Motivación
PI1	¿Cuál es el número de publicaciones SFA en la literatura bancaria?	Conocer la profundidad de la literatura existente
PI2	¿De qué forma se ha estudiado la eficiencia bancaria con la metodología SFA y con qué profundidad?	Comprender el estado actual de la investigación sobre eficiencia bancaria con metodología SFA
PI3	¿Cuáles son las principales contribuciones de la metodología SFA a la literatura sobre el sector bancario, y dónde se han publicado?	Conocer los principales tópicos de investigación.
PI4	¿Cuáles son las técnicas de estimación más utilizadas?	Saber qué métodos son los más comunes y el grado de innovación metodológica
PI5	¿Qué palabras clave se usan más habitualmente?	Encontrar campos de estudio en la literatura y su profundidad
PI6	¿Cómo se ha abordado el estudio de la banca en términos de variables y modelos input-output?	Comprender la especificación del modelo y la lógica de los datos
PI7	¿Qué áreas geográficas son la más estudiadas?	Averiguar cuáles son las áreas geográficas más estudiada en la literatura existente
PI8	¿Cuáles son los vacíos y desafíos para futuras investigaciones?	Comprender el estado de la literatura y realizar recomendaciones y posibles retos futuros

Fuente: elaboración propia

En un inicio se han revisado 562 artículos seleccionados mediante la búsqueda realizada en la base de datos *Scopus* de las siguientes palabras: *bank*, *stochastic frontier* y *efficiency* para los campos de búsqueda *article title*, *abstract* y *keywords*. Estos campos de búsqueda han sido seleccionados en base a la literatura anterior (Aiello y Bonanno 2018; Bathia et al., 2018). Los 562 estudios se publicaron aproximadamente en 279 revistas distintas.

Las publicaciones fueron seleccionadas por número de citas e impacto académico, en base al indicador de impacto *SCImago Journal & Country Rank* de 2021 (SJR en adelante) de la revista. Finalmente se obtiene una muestra de 133 publicaciones de eficiencia bancaria con métodos de Análisis de Frontera Estocástica (en adelante *BankSFA*). Estos artículos han sido publicados en 58

revistas diferentes durante el periodo 1990 – 2021. Las fuentes de publicación más frecuentes son por este orden: *Journal of Banking & Finance* (25), *Economic Modelling* (7), *Journal of Productivity Analysis* (6) y *European Journal of Operational Research* (6).

El presente estudio proporciona un análisis sistemático de las 133 publicaciones seleccionadas. Se realiza una clasificación por revista, autores, metodologías, tópicos de análisis, tipo de estimación, orientación input-output y áreas geográficas.

Las contribuciones de este estudio consisten fundamentalmente en tres aspectos. Primero, este trabajo se centra exclusivamente en el método SFA y ofrece una revisión actualizada, mientras que las revisiones anteriores (de Abreu et al., 2018; Bhatia et al., 2018; Ahmad et al., 2020) tratan sobre las dos técnicas de estimación más importantes (DEA y SFA). En segundo lugar, se revisan todas las publicaciones más destacadas, clasificándolas por impacto de la publicación (número de citas) e impacto de fuente de difusión (*SCImago Journal & Country Rank*) para una comprensión más analítica del *estado del arte* de la literatura científica en el área. Por último, las técnicas SFA se analizan tanto desde la perspectiva teórica como empírica. De esta forma, los artículos se revisan mediante un análisis tanto bibliométrico (tiempo, autores, revistas, metodología, área geográfica) como mediante un análisis centrado en el contenido.

Esta revisión de la literatura aspira a ser un referente en el campo del análisis de la eficiencia bancaria con técnicas SFA. Además, pretende ayudar a los futuros investigadores a comprender el estado de la literatura existente, y poder seleccionar el método, variables del modelo, ámbito geográfico, medio de difusión y autores de referencia en el área.

Este ensayo se estructura de la siguiente manera. La primera sección presenta el concepto de eficiencia. La segunda detalla las técnicas de estimación de frontera y las estimaciones SFA. La sección tercera señala la metodología de la investigación y la sección cuarta destaca las estadísticas del método SFA en el sector bancario. Por último, se exponen las recomendaciones para el futuro y un análisis sobre los resultados y la conclusión.

2.2 Concepto de eficiencia

La eficiencia ha sido definida como la capacidad de utilizar el menor número posible de factores productivos para obtener un determinado nivel de producción de bienes o servicios. También se expresa como la capacidad de aprovechar los recursos disponibles para obtener los mayores niveles de producción de bienes o servicios.

El concepto de eficiencia ha sido continuamente revisado a largo de la literatura dando lugar a diferentes ópticas de definición. Así, desde un punto de vista financiero, Ory y Lemzeri (2012) establecen que la eficiencia técnica puede ser definida como el nivel de optimización alcanzado en la utilización de los recursos humanos, materiales y monetarios para llevar a cabo la prestación de servicios financieros.

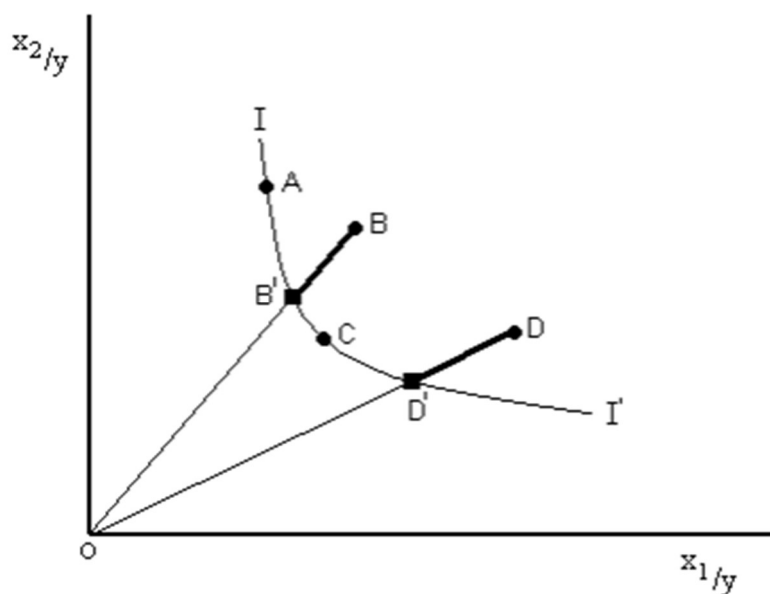
Farrell (1957) desarrolla matemáticamente dicho concepto, considerando que la eficiencia puede ser dividida en dos componentes: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa. Por un lado, define la eficiencia técnica como la mejor relación posible entre las cantidades de inputs utilizadas y las cantidades de outputs obtenidas. Es decir, refleja la capacidad de una entidad para, dados unos niveles de inputs, maximizar los outputs obtenidos. Por otro lado, la eficiencia asignativa hace referencia a la capacidad de las empresas para utilizar los niveles óptimos de inputs dados sus precios relativos. De la combinación de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa nace la eficiencia global o económica, que hace referencia a aquellas entidades que utilizan los factores productivos de la forma más óptima posible para maximizar la producción, y además dicha combinación de factores es la mejor posible teniendo en cuenta los precios de los mismos. De esta forma, la eficiencia económica se puede establecer de la siguiente manera:

$$EF_e = EF_t \times EF_a \quad (2.2.1)$$

siendo EF_e la eficiencia económica, EF_t la eficiencia técnica y EF_a la eficiencia asignativa.

Gráficamente el concepto se podría representar de la siguiente manera (gráfico 1):

Gráfico 1. Eficiencia técnica



Fuente: Coll y Blasco (2000)

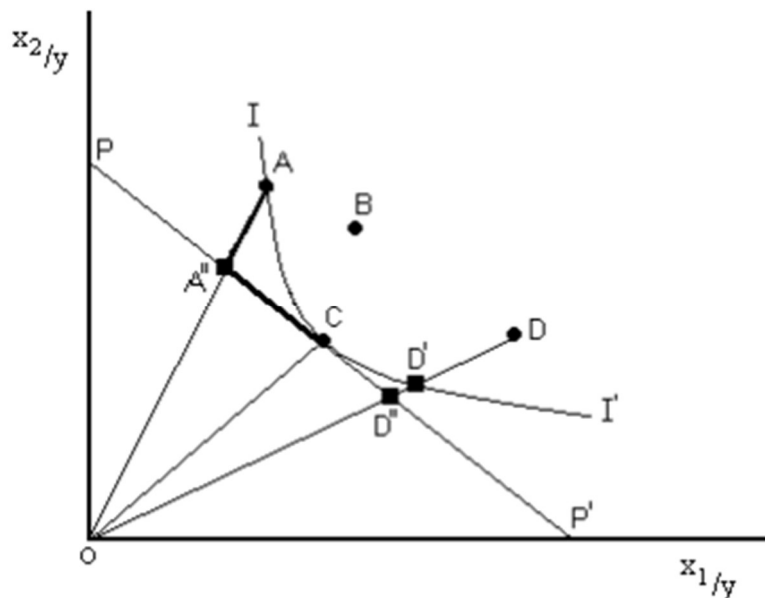
En el gráfico 1 observamos la frontera de producción eficiente estimada, representada por la curva isocuanta II'. Existen dos inputs, x_1 y x_2 y un output, y . Así, la eficiencia técnica la vamos a analizar a partir de la diferencia entre el valor observado para cada entidad, y el valor óptimo, el cual viene definido por la frontera de producción. De esta forma, las unidades A y C, situadas sobre la curva, son entidades eficientes técnicamente, al actuar sobre la curva eficiente. Por su parte, las entidades B y D son ineficientes técnicamente, ya que podrían reducir los niveles de input, hasta situarse en B' y D', y seguirían produciendo una unidad de output. De esta forma, la ineficiencia técnica de ambas unidades queda definida por la distancia existente entre B y B', y entre D y D'. De esta forma, si queremos obtener un valor numérico para la eficiencia técnica, debemos realizar el siguiente cociente:

$$\text{Eficiencia técnica de B } (ET_B) = \frac{OB'}{OB} \quad (2.2.2)$$

Este queda definido entre 0 y 1: si el valor es cercano a 0, esto significa que la unidad es muy ineficiente técnicamente; en cambio, si es cercana a 1, la entidad sería muy eficiente técnicamente, y estaría sobre la curva isocuanta.

En el gráfico 2 se refleja la eficiencia asignativa de forma gráfica lo cual puede ayudar a la comprensión del concepto:

Gráfico 2. Eficiencia asignativa



Fuente: Coll y Blasco (2000)

Como ya se ha mencionado, la eficiencia asignativa se obtiene al utilizar la combinación de factores productivos más adecuada de acuerdo con los precios existentes de los mismos. De esta forma, en el gráfico superior la recta PP' representa la curva isocoste, que refleja los costes productivos de ambos factores, x_1 y x_2 . Las unidades A y C son eficientes técnicamente y, además, la unidad C es eficiente desde el punto de vista asignativo, al situarse tanto sobre la isocuanta como sobre la isocoste. Sin embargo, la unidad A debería reducir

sus costes totales hasta alcanzar el punto A'' para poder ser eficiente en precio. Por tanto, al igual que la eficiencia técnica, esta se puede definir a través de la siguiente función:

$$\text{Eficiencia asignativa de } A (EF_a) = \frac{OA''}{OA} \quad (2.2.3)$$

De igual manera, este cociente también queda definido entre 0 y 1: si el valor está cercano a 0, la unidad será ineficiente en precios, en cambio, si el valor es igual a 1, la unidad analizada será eficiente en precios.

Otro concepto fundamental a lo largo del trabajo va a ser la eficiencia de escala. Esta hace referencia al tamaño de operaciones de las entidades. De esta forma, cualquier modificación realizada en su tamaño hará que la eficiencia de la empresa varíe. Por tanto, las unidades serán eficientes a escala cuando su tamaño de operaciones sea óptimo. Esta eficiencia de escala se obtiene a partir del cociente entre la eficiencia técnica con rendimientos constantes a escala y la eficiencia técnica con rendimientos variables a escala. Su valor se encuentra entre 0 y 1, siendo uno la escala eficiente óptima, y menor que 1, que la empresa está infra o sobre dimensionada.

2.3 Técnicas de estimación de frontera

Las fronteras de producción de las entidades financieras se pueden estimar con técnicas tanto no paramétricas como paramétricas. Los métodos más populares son el análisis envolvente de datos (DEA), que es determinista y no paramétrico, y el análisis de frontera estocástica (SFA), que es estocásticos y paramétrico.

Los métodos no paramétricos – deterministas- son el *Data Envelopment Analysis* (DEA) y el *Free Disposal Hull* (FDH en adelante). Los paramétricos incluyen el *Stochastic Frontier Analysis* (SFA), la *Distribution-Free Approach* (DFA en adelante) y el *Thick Frontier Approach* (TFA en adelante). Las dos técnicas (no paramétrica y paramétrica) difieren en el supuesto subyacente de eficiencia de

frontera. En primer lugar, en términos de especificación de forma funcional para la estimación de la frontera. Los enfoques paramétricos necesitan una forma funcional específica para proceder, mientras que los enfoques no paramétricos no son restrictivos en términos de especificación de forma funcional. En segundo lugar, los dos enfoques difieren en cuanto al tratamiento del error aleatorio. Si se tiene en cuenta el error aleatorio, se debe especificar la distribución del error aleatorio para obtener información sobre las ineficiencias y el error aleatorio. Esta necesidad de asumir la distribución del error aleatorio puede superarse utilizando métodos no paramétricos. Los resultados obtenidos de las técnicas de eficiencia pueden ayudar a la gerencia a mejorar las áreas en las que la empresa no se está desempeñando bien en comparación con sus competidores y también pueden establecer direcciones futuras. Además, los factores ambientales también se pueden tener en cuenta para comprender el panorama general y luego obtener una visión más profunda de los problemas de rendimiento.

Las técnicas paramétricas se pueden subdividir en tres enfoques principales para determinar la frontera de mejores prácticas (SFA, DFA y TFA).

El análisis de frontera estocástica (SFA) se ha aplicado ampliamente a la banca y otras industrias desde su introducción por Aigner et al. (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977). El SFA especifica una forma funcional para la función de coste, beneficio o producción, que permite incluir las ineficiencias en el término de error. Dos suposiciones distributivas sobre los términos de error para separar los dos componentes son (1) las ineficiencias, indicadas como μ , siguen una distribución semi-normal asimétrica, basada en la lógica de que las ineficiencias solo aumentan los costos por encima de los niveles de frontera, y (2) los errores aleatorios, denotada por v , sigue una distribución normal estándar simétrica porque las fluctuaciones aleatorias pueden aumentar o reducir los costes (Bauer et al., 1993). Se puede encontrar literatura relevante sobre aplicaciones de SFA en el sector bancario en Ferrier y Lovell (1990), Mester (1996) o Bonin et al. (2005).

La DFA asume que las diferencias de eficiencia son estables a lo largo del tiempo. La eficiencia estimada de cada empresa es la diferencia entre su residual medio y el residual medio industrial en la frontera. Este enfoque también separa

el término de error compuesto en componentes de ineficiencia y ruido estadístico. Sin embargo, asume que existe un núcleo de ineficiencia para los bancos, que persiste en el tiempo mientras que la parte del error aleatorio se desvanece con el tiempo (Berger, 1993). Un ejemplo de aplicación de DFA es Clark y Siems (2002), en el que se ha aplicado DFA para investigar la eficiencia de las actividades fuera del balance en la banca.

La TFA no tiene restricciones de supuesto distributivo. Las estimaciones de TFA proporcionan un nivel general de eficiencia en lugar de estimaciones puntuales de eficiencia para empresas individuales. Bajo el TFA se estiman los mínimos y máximos cuartiles de costes a partir de la función de costes. En este caso, la suposición es que los términos de error dentro de los cuartiles de coste más bajo y más alto reflejan ruido estadístico, mientras que las diferencias entre los cuartiles de coste más bajo y más alto representan medidas de ineficiencia (Berger y Humphrey, 1991).

2.4 Estimaciones SFA

El análisis de frontera estocástica (SFA) ha sido sugerido por Aigner et al. (1977) y Meeusen y Van den Broek, (1977). La idea básica es la introducción de un término de error aditivo que consta de un ruido y un término de ineficiencia. Para el error, así como para el término de ineficiencia, se hacen suposiciones distributivas, más a menudo la suposición normal y semi-normal. Por lo tanto, se supone que el output logarítmico real (coste) resulta de la adición de un término funcional determinista, un término de ineficiencia y un término que representa el ruido. SFA se usa ampliamente para estimar los datos de eficiencia individuales. Un inconveniente crítico de este enfoque es que la estimación se basa en supuestos de distribución con respecto al término de ineficiencia y el término de ruido. Para SFA la precisión de los datos de ineficiencia individuales estimadas depende en gran medida de la relación entre la varianza del término de ineficiencia y la varianza del término de error, incluso en el caso de distribuciones correctas del término de error subyacente. Además, el análisis de frontera estocástica es muy sensible a los valores atípicos individuales y las estimaciones

de los términos de ineficiencia individuales no son coherentes con el aumento del número de bancos.

Por suposición, el término de error compuesto en SFA está sesgado y tiene una expectativa distinta de cero. La frontera estimada resulta ser una regresión media condicional desplazada. Por lo tanto, la relación de producción promedio (coste) se mantiene incluso para las unidades ubicadas en la frontera eficiente. Aun así, se considera esta una suposición muy poco plausible porque las relaciones de producción o costo pueden variar en diferentes niveles de eficiencia.

El término de error se compone de ruido blanco e ineficiencia. Los individuos se comparan en relación con las fronteras de las mejores prácticas, que se estiman con técnicas de máxima verosimilitud. Para cada empresa, se descompone el término de error. Las empresas se desvían de esta frontera según la ineficiencia estimada individualmente. Pero como señalaron Mountain y Thomas (1999), la gran mayoría de los estudios SFA comparten un error de medición potencialmente grave al calcular los precios de los inputs. Para el sector bancario, el supuesto de mercados de inputs perfectos requiere que un banco sea un tomador de precios, compra inputs dados precios que se determinan exógenamente en los respectivos mercados de factores. La mayoría de los estudios aproximan los precios de los inputs relacionando los pagos de factores de los bancos individuales con los factores de producción empleados. En consecuencia, estos precios son específicos del banco. Además, se derivan de la variable dependiente, que debe explicar, en definitiva, el coste total. La mala medición de las verdaderas variables explicativas, es decir, los precios de los inputs, podría distorsionar sustancialmente las estimaciones de eficiencia (Greene, 1993).

Desde que Aigner, Lovell y Schmidt propusieron su trabajo pionero en 1977, tanto el desarrollo teórico como la aplicación empírica de los modelos de frontera estocástica han prosperado en la literatura.

La literatura SFA ha debatido la distribución de la *perturbación* en el modelo de frontera estocástica. Stevenson (1980) introduce el modelo normal truncado argumentando que la media cero asumida en Aigner, et al. (1977) era una

restricción innecesaria. Es decir, el término de error se obtiene truncando en cero la distribución de una variable con una media posiblemente distinta de cero.

Una variedad de especificaciones del modelo de producción e (in)eficiencia han surgido durante este tiempo. Bajo un conjunto de condiciones de regularidad (Shephard, 1953) se introducen las funciones de costes en la SFA. La posibilidad de producción múltiple se consigue a través de la función distancia de Shephard.

La aplicación de datos de panel ha sido otro hecho fundamental en la literatura. Aquí, surge una pregunta fundamental, ¿cómo modelamos la variación de la ineficiencia en el tiempo? La intuición sugiere que cuanto más largo sea el panel, "mejor" será el estimador de la ineficiencia invariante en el tiempo en el modelo, independientemente de cómo se calcule. Greene (2005) argumenta que cuanto más largo es el período de tiempo observado, menos sostenible se vuelve la suposición. Los tratamientos de la variación de la ineficiencia en la empresa y en el tiempo se abordan desde dos perspectivas. La primera es si queremos suponer que varía en el tiempo o no. En segundo lugar, consideramos modelos que hacen solo suposiciones distributivas mínimas sobre la ineficiencia (modelos de "efectos fijos") y modelos que hacen suposiciones distributivas específicas como las que se hicieron antes, seminormal, exponencial, etc. Pitt y Lee (1981), Kumbhakar (1990), Lee y Schmidt (1993) y Battese y Coelli (1992) sugirieron diferentes modelos de datos de panel estocástico.

El debate sobre si utilizar un enfoque de un paso o de dos pasos trajo avances importantes en la investigación de los factores determinantes de la eficiencia. Como argumento a favor del enfoque de un solo paso se ha argumentado que, no tener en cuenta las influencias exógenas en el primer paso, inducirá un sesgo persistente en las estimaciones que se trasladan al segundo. Los resultados de Wang y Schmidt (2002) dan evidencia a favor del enfoque de un solo paso.

Quizás el modelo más conocido del enfoque de un paso es el modelo de Battese y Coelli (1995). Estos autores proponen parametrizar la media de la distribución pre-truncada como forma de estudiar la influencia exógena sobre la ineficiencia.

La heterogeneidad fue otro tema de discusión entre los investigadores. Greene (2004) clasifica la heterogeneidad entre heterogeneidad observable y no

observable. En Orea y Kumbhakar (2004) y Greene (2005), se sugiere una especificación de clase latente para dar cabida a la heterogeneidad entre las empresas de la muestra.

2.5 Metodología de la investigación

En este ensayo se realiza una revisión de la literatura sobre eficiencia en el sector bancario basado en técnicas estocásticas de estimación. Para ello, se ha hecho una revisión sistemática de literatura de las 133 publicaciones más importantes extraídas de la fuente de datos Scopus.

La recopilación de citas de las publicaciones se ha obtenido de Scopus. Existen otras bases de datos como *Google Scholar* o *Web of Science*, si bien su utilidad para las revisiones de literatura se ha discutido en diversos artículos (Jacso, 2005; Falagas et al., 2008; Martín-Martín et al., 2018, entre otros). Por un lado, *Google Scholar* es el más amplio, incluye tesis, libros, documentos de conferencias y materiales no publicados, y recoge un mayor número de citas por publicación (Orduña-Malea et al., 2015). Por el contrario, en el caso de *Scopus* y *Web of Science* los contenidos son seleccionados bajo unos criterios más estrictos basados en *journals* indexados, siendo más precisa la fuente de datos *Scopus* (Falagas et al., 2008; Franceschini et al., 2016).

2.5.1 Proceso de selección de publicaciones

Para la extracción de los datos iniciales en la base de datos *Scopus* se han utilizado los campos de búsqueda (*bank*, *stochastic frontier*, *efficiency*) en el título del artículo, en el *abstract* y en las palabras clave.

Estas palabras clave de búsqueda han sido seleccionadas en base a la literatura anterior (Aiello y Bonanno 2018; Bathia et al., 2018). En la tabla 2 se detallan los criterios de búsqueda, número de publicaciones y tipo de revisión basándonos en los criterios utilizados por Ahmad et al. (2020).

Tabla 2. Palabras clave, número de publicaciones y tipo de revisión

Autores	Criterio de selección de artículos (palabras clave en el proceso de búsqueda)	Número de publicaciones	Naturaleza de la revisión
Estudio actual	Bank; efficiency; stochastic frontier	562	SLR
Ahmad et al., (2020)	Bank; cost efficiency; technical efficiency; operational efficiency; scale efficiency; allocative efficiency; efficiency; performance; scale economies; profitability; regulatory compliance; risk minimization; Data Envelopment Analysis; DEA; Stochastic Frontier Analysis; SFA; parametric: nonparametric; semi-parametric.	1996	SLR
de Abreu et al., (2018)	Banking efficiency; efficiency in banking; technical efficiency; bank	87	SLR
Aiello y Bonanno (2018)	Bank; efficiency and frontier	120	MRA
Bhatia et al., (2018)	Efficiency; bank; productivity; parametric; nonparametric; semi parametric; SFA; DEA.	103	SLR
Jia (2016)	No se proporcionan criterios	20	TLS
Aiello y Bonanno (2016)	Bank; efficiency and frontier	120	MRA
Kumar y Gulati (2014)	No se proporcionan criterios	72	TLS

Sharma et al., (2013)	No se proporcionan criterios	106	SLR
Paradi y Zhu (2013)	No se proporcionan criterios	80	TLS
Fethi y Pasiouras (2010)	Bank efficiency; Bank and data envelopment analysis; Bank performance; Bank and neural networks; Bank and artificial intelligence; Bank and operational (or operations) research	196	TLS
Iršová y Havránek (2010)	No se proporcionan criterios	32	MRA
Toby (2006)	No se proporcionan criterios	NP	TLS
Colwell y Davis (1992)	No se proporcionan criterios	NP	TLS

TLS: traditional literature survey; MRA: meta-regression analysis; SLR: systematic literature review; NP: not provided.

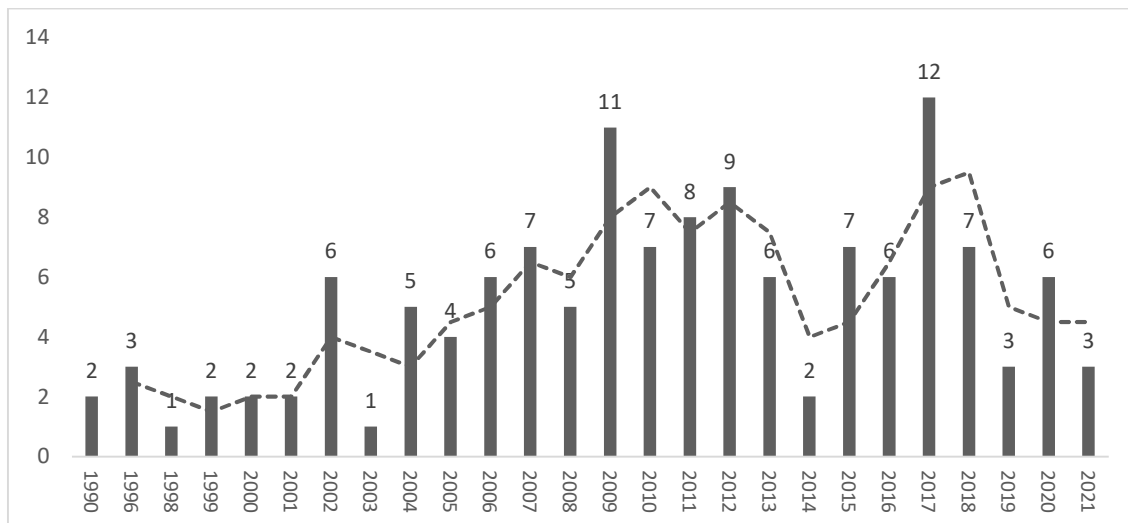
En un inicio se han revisado 562 artículos seleccionados mediante la búsqueda realizada en la base de datos *Scopus* de las siguientes palabras: *bank*, *stochastic frontier* y *efficiency* para los campos de búsqueda *article title*, *abstract* y *keywords*. Estos campos de búsqueda han sido seleccionados en base a la literatura anterior (Aiello y Bonanno 2018; Bathia et al., 2018). Finalmente se utiliza una muestra de 133 publicaciones basadas en técnicas de frontera estocástica en el sector bancario durante el periodo 1990–2021.

2.6 Datos y estadísticas básicas

De la muestra analizada se desprende una media de 4 publicaciones anuales de eficiencia en el sector bancario con técnicas SFA (en adelante, *BankSFA*). La evolución temporal de las publicaciones, durante el periodo de estudio (1990–2021) muestra una tendencia general de crecimiento desde 1990 hasta el 2009 (alcanzándose un máximo de 11 publicaciones). A partir de aquí hay un periodo

de ajuste, que culmina con el mínimo del año 2014. La tendencia creciente se recupera entre 2014 y 2017 (máximo de 12 publicaciones). La representación gráfica del periodo de publicaciones se puede ver en el gráfico 3.

Gráfico 3. Tendencia anual de publicaciones *BankSFA* (1990–2021)



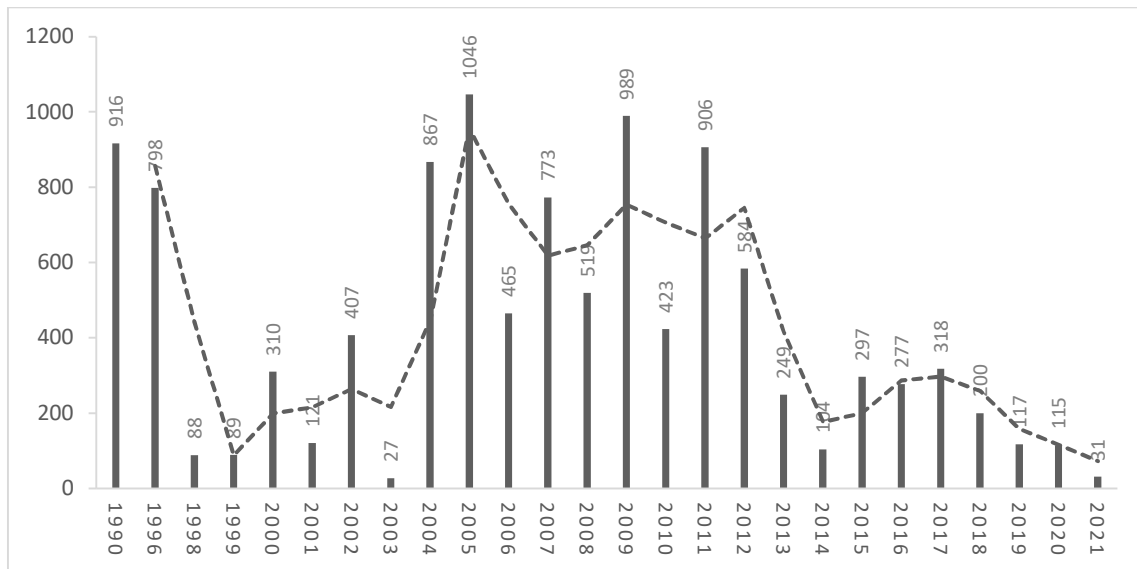
Fuente: elaboración propia

2.6.1 Estadísticas de los SFA del sector bancario por citas

El nivel de influencia de una publicación se puede determinar mediante el número de citas. Para la selección de la muestra de 133 artículos se ha considerado el número de citas tanto de la base de datos *Scopus* como de la base de datos de *Google Scholar*.

Del análisis de datos se desprende un impacto medio de 104 citas por artículo (*Scopus*). En los dos primeros años donde hay publicaciones (1990 y 1996) hay un elevado número de citas, 916 y 798 respectivamente, sólo superado en los años 2004, 2005, 2009 y 2011. La tendencia de las citas en *Scopus* durante el periodo 1990 - 2021 se puede ver en el gráfico 4.

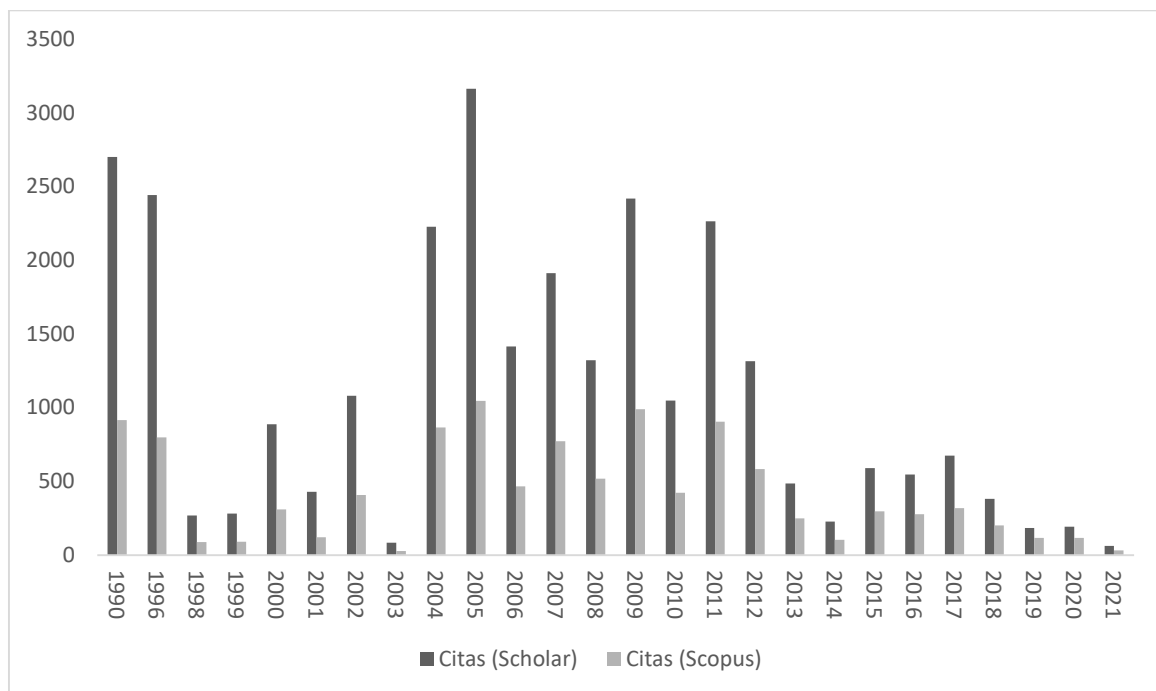
Gráfico 4. Número de citas por año de publicación *BankSFA* (Scopus) (1990–2021)



Fuente: elaboración propia

El número de citas de *Google Scholar* es mucho mayor debido a su amplitud (incluye no sólo artículos científicos sino también otro tipo de materiales como tesis, presentaciones, blogs o guías académicas). Sin embargo, hay una relación directa entre el número de citas de *Google Scholar* y *Scopus*, como se refleja en el gráfico 5.

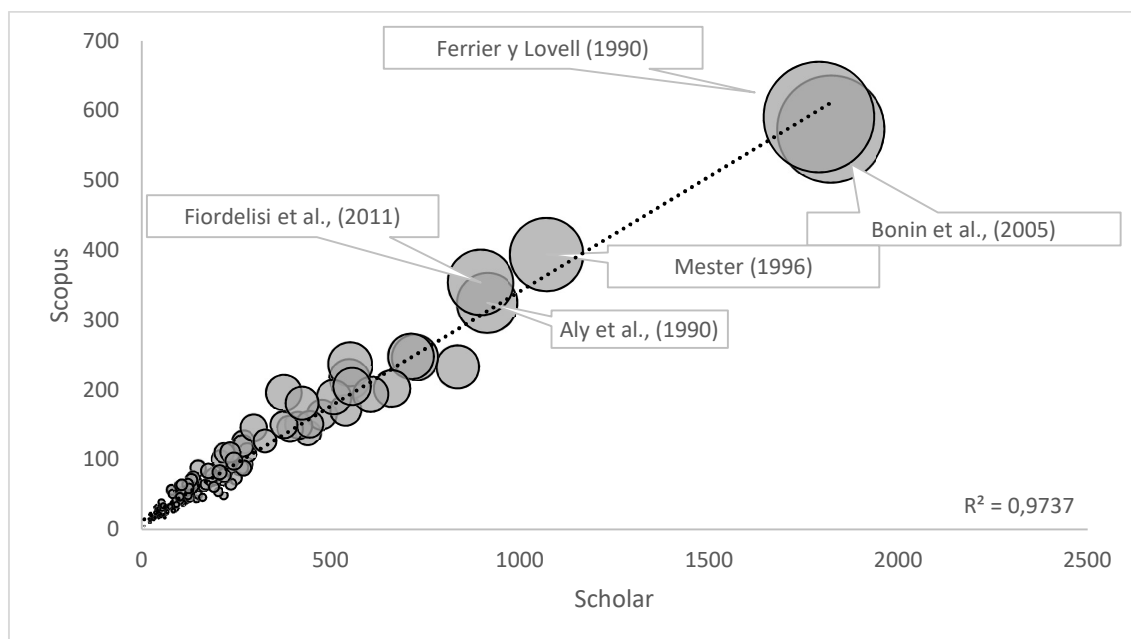
Gráfico 5. Número de citas por año de publicación *BankSFA* (Google Scholar y Scopus) (1990-2021)



Fuente: elaboración propia

Si se compara el número de citas de ambas fuentes de datos (*Google Scholar* en el eje abscisas y *Scopus* en el eje de ordenadas) se obtiene una relación casi lineal (R^2 de 0.974) (gráfico 6). El tamaño de los círculos indicaría el número de citas de cada artículo. Se intuye una prevalencia de dos artículos: *Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence* (Ferrier y Lovell, 1990) y *Bank performance, efficiency and ownership in transition countries* (Bonin et al., 2005). Ambas publicaciones se encuentran a una distancia considerable del resto.

Gráfico 6. Google Scholar y Scopus según publicación *BankSFA* (1990-2021)



Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se muestran los autores más citados por publicación (más de 150 citas en Scopus). Según la base de datos *Scopus*, los autores Ferrier y Lovell (1990) son los más citados, en cambio, Bonin et al. (2005) poseen mayor número de citas en total, con dos artículos entre los más citados (*Bank performance, efficiency and ownership in transition countries* y *Privatization matters: Bank efficiency in transition countries*).

Tabla 3. Autores más citados en los *BankSFA* (1990 – 2021)

Autores	Citas (Scopus)	Citas (Google Scholar)
Ferrier y Lovell (1990)	591	1790
Bonin et al., (2005)	574	1821
Mester (1996)	394	1070
Fiordelisi et al. (2011)	354	896
Aly et al. (1990)	325	913
Altunbas et al., (2001)	248	712
Altunbas et al., (2000)	247	723
Lensink et al., (2008)	237	551
Allen y Rai (1996)	233	835
Sturm y Williams (2004)	205	556
Bonin et al., (2005)	202	661
Orea y Kumbhakar (2004)	196	376
Semih Yildirim y Philippato (2007)	194	605
Pasiouras et al., (2009)	190	508
Williams y Nguyen (2005)	181	424
Goldberg y Rai (1996)	171	539
Girardone et al., (2004)	165	476
Weill (2004)	151	444
Williams (2004)	150	376
Krasnikov et al., (2009)	150	414

Fuente: elaboración propia

2.6.2 Estadísticas de los *SFA* en el sector bancario por revista

Las publicaciones de eficiencia en el sector bancario han sido publicadas en diversas revistas.

Los 133 artículos seleccionados para este trabajo se encuentran publicados en 58 revistas distintas. Entre ellas, la revista que más publicaciones contiene es *Journal of Banking & Finance*, con un total de 25 publicaciones (19 % del total),

seguido por *Economic Modelling* (7), *Journal of Productivity Analysis* (6) y *European Journal of Operational Research* (6).

Si tenemos en cuenta las revistas con más publicaciones, se obtiene que 61 artículos están publicados en 8 revistas. De esos 61 artículos, el 41 % (25) se encuentran publicados en la revista *Journal of Banking & Finance*.

La distribución de las 8 revistas con más publicaciones se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución de revistas con el mayor número de artículos *BankSFA* (1990–2021)

Revista	Número	% de artículos	% del total de artículos
Journal of Banking & Finance	25	40.98%	18.80%
Economic Modelling	7	11.48%	5.26%
Journal of Productivity Analysis	6	9.84%	4.51%
European Journal of Operational Research	6	9.84%	4.51%
Applied Economics	5	8.20%	3.76%
China economic review	4	6.56%	3.01%
Journal of international financial Markets, Institutions and Money	4	6.56%	3.01%
Quarterly Review of Economics and Finance	4	6.56%	3.01%
Total	61	100%	45.86%

Nota: % de artículos denota el porcentaje de artículos en una revista dentro de las 8 revistas principales. % de todos los artículos indica el porcentaje de artículos en una revista dentro de todas las revistas investigadas

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las publicaciones por revistas, de las 58 diferentes revistas y 133 artículos que componen la muestra, el 60% de las revistas (35 exactamente) contienen solamente un artículo (tabla 5).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de revistas y artículos *BankSFA* (1990–2021)

#	Número de revistas	Núm. de artículos por Revista	% de revistas	% acumulado de artículos
1.	1	25	1.75%	18.94%
2.	1	7	1.75%	24.24%
3.	2	6	3.51%	33.33%
4.	1	5	1.75%	37.12%
5.	3	4	5.26%	46.21%
6.	7	3	12.28%	62.12%
7.	8	2	14.04%	74.24%
8.	35	1	59.65%	100.00%
Total	58	133	100%	

Fuente: elaboración propia

2.6.3 Estadísticas de los *SFA* en el sector bancario por revistas más influyentes

Se identifican las revistas más influyentes basado en el número total de citas. La tabla 6 muestra la distribución de revistas por número de citas. Las revistas más destacadas son *Journal of Banking & Finance*, *Journal of Econometrics*, *Journal of Productivity Analysis*, *Economic Modelling*, *Applied Economics*, *Review of Economics and Statistics*, *European Journal of Operational Research*, *China economic review*, *Empirical economics* y *European Journal of Finance*.

Los resultados son similares a los encontrados por Ahmad et al. (2020).

Las citas por revista se concentran en *Journal of Banking & Finance*, casi un 40% de las citas tanto de *Scopus* como de *Google Scholar*, 4.034 y 11.027 citas respectivamente. Por lo que se considera en esta revisión de literatura, la revista con más influencia (contiene 25 publicaciones en este trabajo). En segundo lugar, la revista *Journal of Econometrics*, concentra el 7 % de las citas (con sólo 3 publicaciones), 766 citas en *Scopus* y 2.132 en *Google Scholar*.

Tabla 6. Distribución de revistas con el mayor número de citas *BankSFA* (1990–2021)

Revista	Nº citas (Scopus)	% de citas (Scopus)	Nº citas (Scholar)	% de citas (Scholar)
Journal of Banking & Finance	4.034	37.28%	11.027	38.53%
Journal of Econometrics	766	7.08%	2,132	7.45%
Journal of Productivity Analysis	381	3.52%	990	3.46%
Economic Modelling	367	3.39%	710	2.48%
Applied Economics	353	3.26%	964	3.37%
Review of Economics and Statistics	325	3.00%	913	3.19%
European Journal of Operational Research	322	2.98%	724	2.53%
China economic review	303	2.80%	678	2.37%
Empirical economics	259	2.39%	541	1.89%
European Journal of Finance	258	2.38%	759	2.65%
Total citas (todas las publicaciones)	10.820	100%	28.618	100.00%

Nota: % de artículos denota el porcentaje de artículos en una revista dentro de las 10 revistas principales. % de todos los artículos indica el porcentaje de artículos en una revista dentro de todas las revistas investigadas

Fuente: elaboración propia

2.6.4 Estadísticas de los SFA en el sector bancario por número de citas e impacto de las revistas

Se compara el promedio de citas en *Scopus* y el impacto de la revista según el *SCImago Journal & Country Rank* de 2021 (SJR en adelante) perteneciente a la misma base de datos *Scopus*.

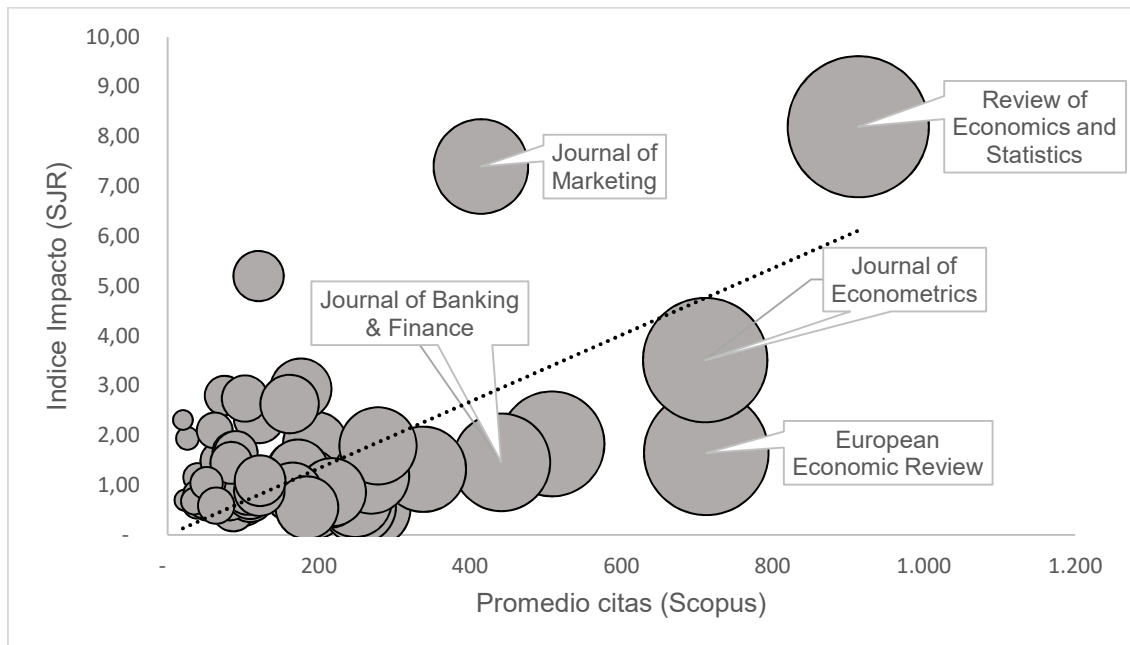
En el eje de abscisas se representa el número medio de citas en *Scopus* y en el de ordenadas el índice de impacto SJR.

En el caso de esta muestra, la revista con más impacto es *Review of Economics and Statistics* (SJR 2021 de 8,2) y además tiene el promedio de citas en *Scopus* más elevado.

Por otro lado, *Journal of Econometrics* y *European Economic Review* tienen un promedio elevado de citas, pero un índice de impacto inferior a la media de tendencia. Además, *Journal of Marketing* posee un índice de impacto muy

superior (7.4) con respecto a *Journal of Banking & Finance* (1.46) con un número medio similar de citas (gráfico 7).

Gráfico 7. Promedio de citas de Scopus e impacto de las revistas en los artículos *BankSFA* (índice de impacto SJR)



Fuente: elaboración propia

2.6.5 Estadísticas de los *SFA* en el sector bancario por palabras-clave

Las palabras clave utilizadas en las publicaciones nos proporciona información sobre el contenido esencial del artículo, siendo el motor de búsqueda para encontrar artículos relevantes. La tabla 7 muestra las palabras clave más utilizadas clasificadas por grupos en las publicaciones consideradas en este trabajo.

La palabra *Bank* es la más utilizada en las publicaciones, ya que se encuentra 119 artículos de los 133 de la muestra, es decir, un 89 % de las publicaciones tienen la palabra clave *Bank*. En segundo lugar, *Efficiency* (114 publicaciones) y, en tercer lugar, *Stochastic Frontier Analysis* (80 artículos)

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de las 12 palabras clave más utilizadas en los artículos de *BankSFA* (1990-2021)

#	Keywords	Numero de publicaciones	% keywords	% sobre el total keywords
1.	Bank (Banking, Banks, Bank)	119	25.00%	20.21%
2.	Efficiency (Efficiency, Eficiencias, Inefficiency, Ineficiencias, Performance)	114	23.94%	19.35%
3.	Stochastic Frontier Analysis (Stochastic frontier analysis, Stochastic frontier, Stochastic Cost Frontier, SFA, Sfa analysis, one-step SFA, stochastic frontier approach, Stochastic frontiers, Stochastic meta-frontier, Stochastic frontier models, Stochastic cost frontier, Copula-based simultaneous stochastic frontier model, Panel data stochastic frontier, Stochastic frontiers)	80	16.74%	13.53%
4.	Cost (Cost efficiency, Stochastic Cost Frontier, Cost function, Cost and profit efficiency, Cost frontier, Cost efficiency, Stochastic cost frontier, Stochastic production and cost, Translog cost function, Cost gap ratio, Cost X-efficiency)	34	7.20%	5.82%
5.	Ownership (Ownership, Ownership structure, Bank restructuring, Mergers, Privatisation, State-controlled banks, Ownership nature, Ownership concentration, Foreign ownership, Ownership type, Bank ownership, Ownership changes, Concentration, Cross-border and in-border merger and acquisitions)	25	5.30%	4.28%
6.	Risk (Risk, Credit risk, Banking risk, Default risk, Risk-efficiency relationship, Country risk, Operational risk, Risk-taking, Risk preferences, Bank risk, Bank risk taking, Market risk, Endogenous risk)	21	4.45%	3.60%
7.	Market (Market power, Banking system, Emerging markets, Financial system, Financial crisis, Asian banking markets, Market risk, Market structure,	18	3.81%	3.08%

	Market model, Market performance, Crisis)			
	Data Envelopment Analysis (Data envelopment analysis, DEA, Satisficing DEA, Network DEA, Envelopment analysis, Dynamic Data Envelopment)			
8.		18	3.81%	3.08%
	Regulation (Regulation, Deregulation, Capital, Capitalisation, Regulation and deregulation po, Capital regulation, Financial deregulation, Liberalization, Financial liberalisation, Capital buffers, Capital ratio)			
9.		16	3.39%	2.74%
	Productivity (Productivity, Aggregate productivity, Bank production, Total factor productivity, Luenberger productivity, Productive efficiency analysis)			
10.		10	2.12%	1.71%
11.	Profit (Profit efficiency, Profit-loss sharing, Profitability)	10	2.12%	1.71%
	Islamic banks (Islamic banks, Islamic banking, Islamic finance, Conventional and Islamic banks)			
12.		10	2.12%	1.71%
Total		475	100%	80.82%

Fuente: elaboración propia

2.6.6 Estadísticas de los SFA según el tipo de eficiencia

El enfoque de frontera estocástica especifica una forma funcional para la relación de *coste*, *beneficio* o *producción* entre inputs, outputs y factores ambientales, y permite el error aleatorio (Berger y Humphrey, 1997, p. 6). Por lo tanto, el modelo SFA permite agregar variables de control fácilmente.

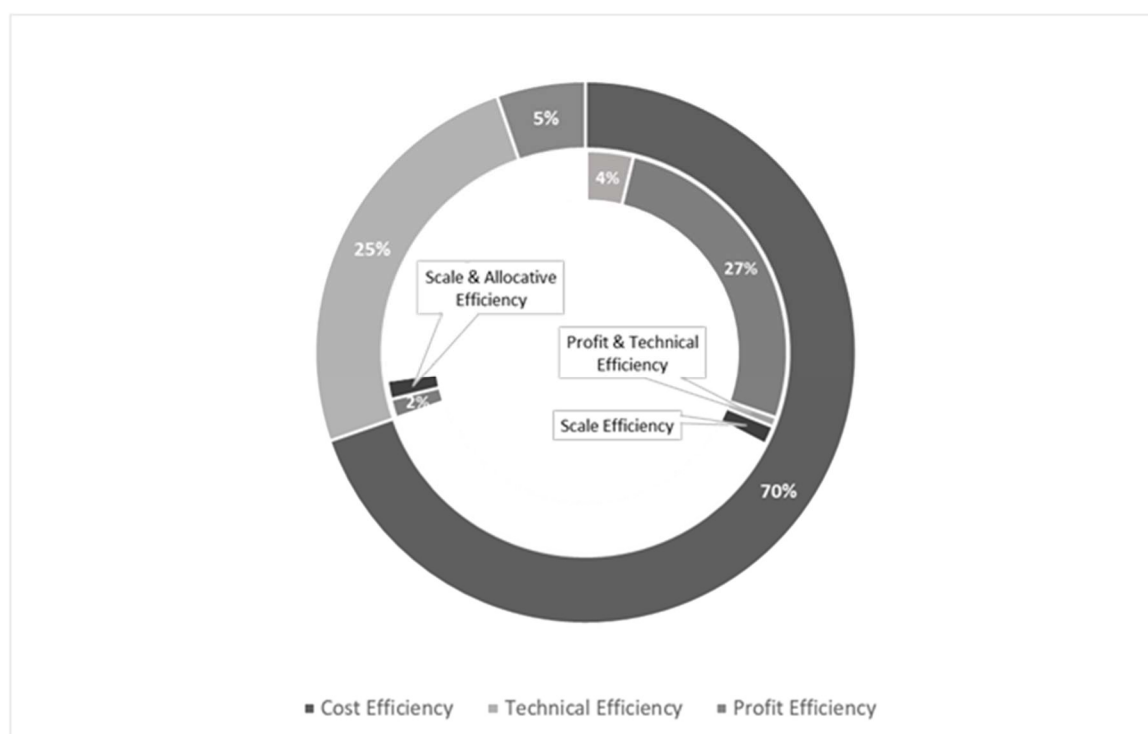
El método SFA fue propuesto por primera vez por Aigner et al. (1977) para estimar la eficiencia técnica. Siguiendo el estudio de Berger y Mester (1997), un número de estudios aplicaron el SFA enfoque para estimar tanto la eficiencia de costes como la como la de beneficios (Bonin et al., 2005; Semih Yildirim y Philippatos, 2007; Pasiouras et al., 2009).

Los resultados de eficiencia de costes miden el rendimiento de una empresa bancaria en relación con el banco de mejores prácticas que produce el mismo conjunto de productos en las mismas condiciones exógenas.

La eficiencia de beneficios mide lo cerca que está un banco de alcanzar el máximo posible beneficio como empresa de mejores prácticas en la frontera dados unos precios de inputs y cantidades de outputs y otras variables exógenas del mercado.

El modelo de estimación más común de esta muestra es la eficiencia de costes, que aparece en el 70% de los artículos. Un 27 % de las publicaciones realizan una estimación de eficiencia de beneficios y un 25% utilizan la eficiencia técnica (gráfico 8).

Gráfico 8. Estimaciones más utilizadas en los artículos *BankSFA* (1990-2021)



Fuente: elaboración propia

2.6.7 Estadísticas de los SFA en sector bancario según los enfoques input-output

Existen numerosas variables de interés a la hora de analizar la eficiencia en el sector bancario. Algunas de estas variables más comunes son empleados, activo

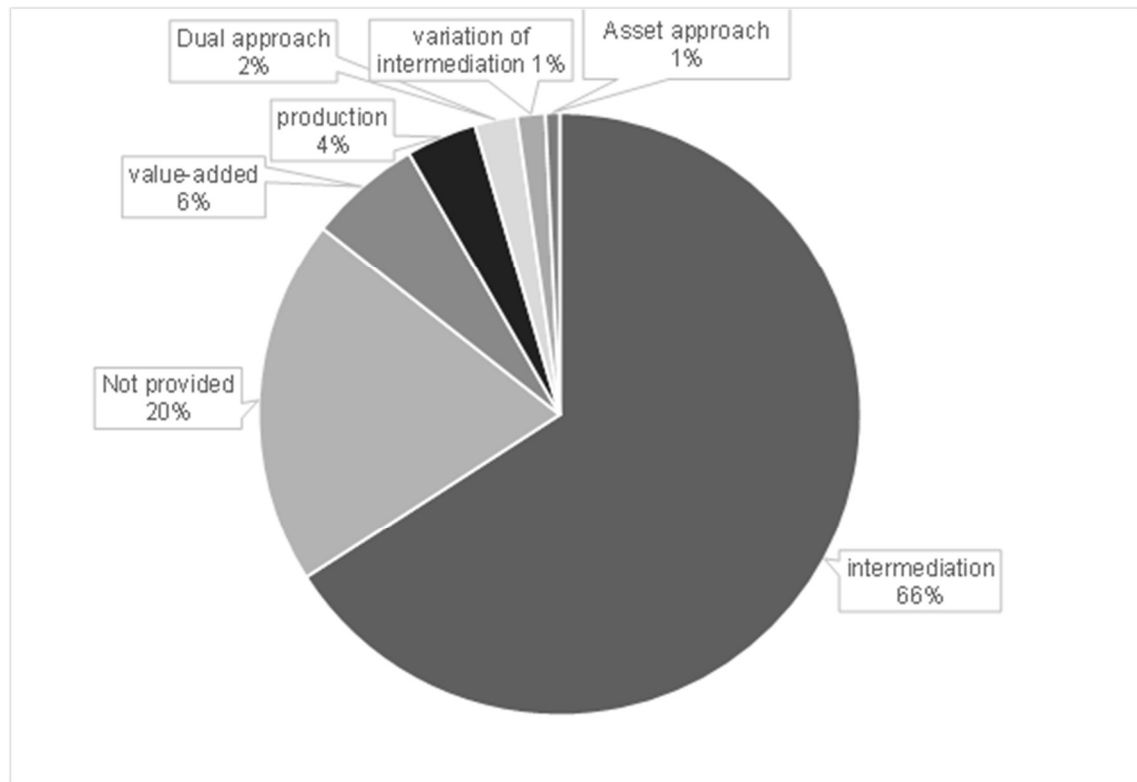
fijo, depósitos, préstamos o ingresos. Debido a la complejidad del área financiera, hay diferentes enfoques para definir los inputs y outputs en los estudios de eficiencia bancaria.

El primer enfoque propuesto y más utilizado es el enfoque de intermediación (*intermediation approach*) propuesto por Sealey y Lindley (1977) denominado también enfoque de activos (*asset approach*). Este enfoque considera el banco un intermediario financiero que utiliza empleados, activo fijo y depósitos para producir préstamos y otros activos productivos (los depósitos se consideran inputs). Otra versión del enfoque de intermediación es el enfoque del valor agregado (*value added approach*), que fue sugerido por Berger y Humphrey (1991, 1992). En el enfoque de valor añadido lo que aporta valor añadido al banco se considera como un output (puede ser activo o pasivo) y los empleados, las instalaciones y los activos fijos se consideran como inputs (los depósitos se consideran tanto input como output).

Berger y Humphrey (1997) identifica el enfoque de producción, donde considera que los bancos producen préstamos y cuentas o depósitos (los depósitos se consideran outputs), utilizando empleados y capital como input.

El gráfico 9 destaca los principales enfoques input-output utilizados en esta revisión de literatura.

Gráfico 9. Enfoques input-output en los artículos *BankSFA* (1990-2021)



Nota: “intermediation approach” y “asset approach” son dos denominaciones del enfoque propuesto por Sealey y Lindley (1977)

Fuente: elaboración propia

2.6.8 Estadísticas de los *SFA* en el sector bancario por área geográfica

Analizando el país o área geográfica de procedencia de los bancos que se utilizan en cada publicación, se obtiene que las áreas de estudio principalmente son Europa, Asia y Estados Unidos. Concretamente, el territorio más estudiado según esta revisión de literatura es Europa, puesto que, 50 artículos (un 38 % del total) se basan en datos de entidades bancarias europeas. En segundo lugar, se encuentran los bancos situados en Asia, con 34 publicaciones, destacando dentro de ellos China con 9 artículos que contienen datos bancarios situados en ese país. En tercer lugar, se sitúa Norte

América, señalando que 18 publicaciones analizan la eficiencia del sector bancario de Estados Unidos.

Si se realiza la comparación de área geográfica y el impacto de la revista (tabla 8), se obtiene que las 50 publicaciones del sector bancario europeo poseen un 43% del total de citas de *Scopus*. En cambio, las publicaciones del sector bancarios de Estado Unidos (19) tienen un impacto mucho mayor (20%) que los artículos de Asia (34 publicaciones con un 18 % del total de citas). En el gráfico 10 se representa la distribución por áreas geográficas y número de citas de *Scopus*.

El resto de las áreas geográficas (sector bancario con datos a nivel mundial, Latino América, países islámicos, Australia, África) poseen un número reducido.

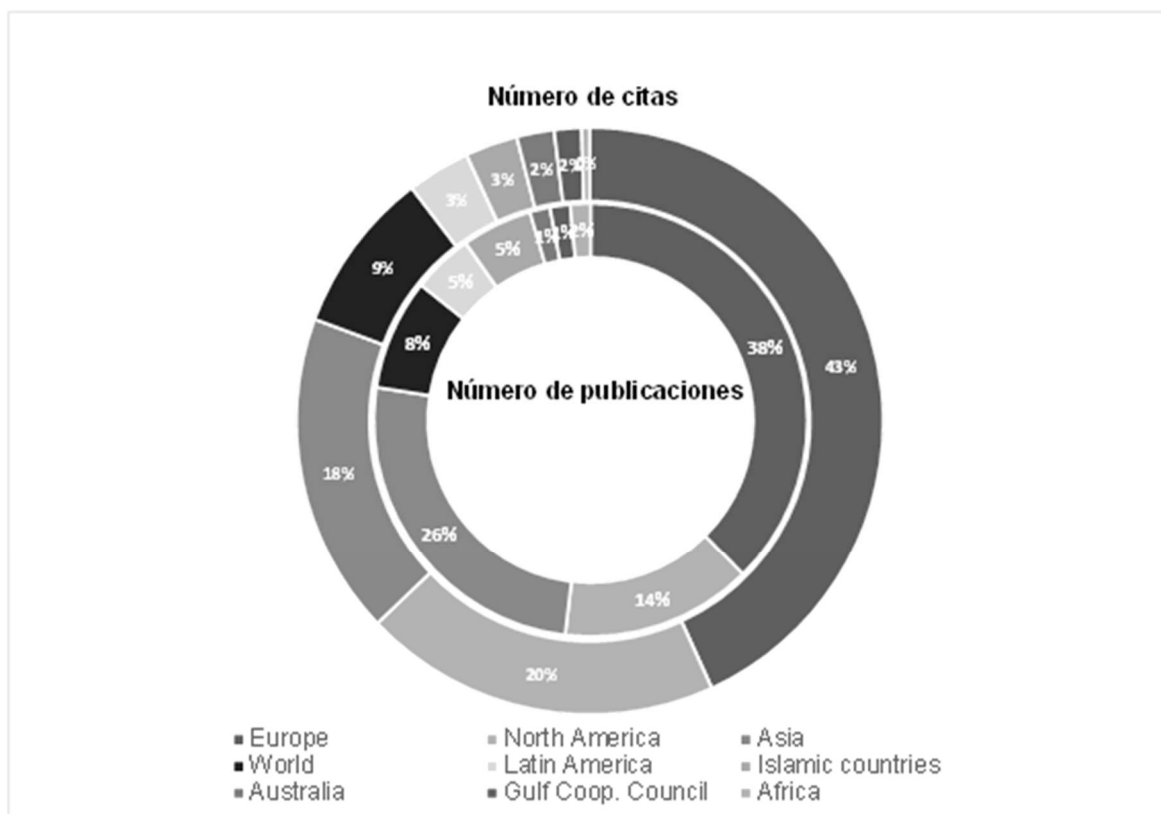
Tabla 8. Clasificación por área geográfica y número de citas *Scopus* de los artículos de *BankSFA* (1990-2021)

Territorio/Pais	Número de Publicaciones	% de Publicaciones	Número de Citas (Scopus)	% de Citas (Scopus)
<i>Europe</i>	50	38%	4765	43%
Various	28	21%	3402	31%
Germany	4	3%	174	2%
Turkey	3	2%	184	2%
Croatia	2	2%	142	1%
Finland	2	2%	66	1%
Italy	2	2%	189	2%
Spain	2	2%	287	3%
Central and Eastern Europe	1	1%	57	1%
Czech Republic	1	1%	33	0%
Greece	1	1%	38	0%
Luxembourg	1	1%	20	0%
Netherland	1	1%	93	1%
Russia	1	1%	17	0%
Sweden	1	1%	63	1%

Asia	34	26%	1960	18%
China	12	9%	697	6%
Various	7	5%	336	3%
Korea	2	2%	95	1%
MENA countries	2	2%	26	0%
Philippines	2	2%	63	1%
Taiwan	2	2%	121	1%
Hong Kong	1	1%	65	1%
India	1	1%	33	0%
Japan	1	1%	247	2%
Malaysia	1	1%	48	0%
Malaysia & Indonesia	1	1%	17	0%
South East Asia	1	1%	181	2%
Taiwan & China	1	1%	31	0%
North America	19	14%	2176	20%
U.S.	18	14%	2146	19%
Canada	1	1%	30	0%
World	11	8%	989	9%
World	10	8%	950	9%
BRICS	1	1%	39	0%
Latin America	6	5%	384	3%
Brazil	1	1%	78	1%
Colombia	1	1%	26	0%
Various	4	3%	280	3%
Islamic countries	7	5%	320	3%
Australia	2	2%	227	2%
Gulf Cooperation Council	2	2%	166	2%
Africa	2	2%	49	0%
Ghana	1	1%	44	0%
Various	1	1%	5	0%
Total general	133	100%	11036	100%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 10. Distribución por área geográfica y número de citas *Scopus* de los artículos *BankSFA* (1990-2021)



Fuente: elaboración propia

2.7 Estudios actuales, tendencias futuras y recomendaciones

De la revisión de literatura realizada en *BankSFA* se desprenden varias limitaciones en la literatura existente que deben abordarse en futuras investigaciones. Además, se sugiere recomendaciones que pretenden servir de ayuda para futuros investigadores en el área.

En primer lugar, se observa que existen pocas revisiones sistemáticas de literatura sobre eficiencia bancaria. Además, el número de artículos revisado es reducido. En el contenido analizado en las revisiones realizadas hasta la actualidad no se analiza en profundidad tópicos de investigación como la

metodología, áreas geográficas o comparación de citas de diferentes fuentes de datos.

En segundo lugar, a conocimiento del autor, no existen revisiones de literatura previas que aborden en profundidad y en exclusiva los artículos SFA, por lo que sería recomendable ampliar las investigaciones en este ámbito.

En tercer lugar, las publicaciones *BankSFA* han estudiado la ineficiencia en algunos procesos productivos, pero pocos estudios han analizado las causas de esas ineficiencias y cómo llevar a cabo una minimización de inputs o maximización de outputs. Además, la mayoría emplean una metodología basada únicamente en eficiencia de coste, centrándose en menor medida en la eficiencia técnica y de beneficios, sin prestar apenas atención a la eficiencia de escala o asignativa.

En cuarto lugar, se debe de realizar un mayor esfuerzo a la hora de seleccionar la muestra, teniendo en cuenta la heterogeneidad que se pueda dar, entre otras razones por tamaño, regulación, orientación de negocio o contexto geográfico. En el mismo sentido, se debe seleccionar con mucho cuidado la especificación del modelo, de acuerdo a la evidencia científica, la comprensión del proceso y la lógica de los datos. En los últimos años ha habido un importante avance metodológico en las técnicas SFA que permiten lidiar con heterogeneidad en la muestra.

En quinto lugar, los investigadores especializados en SFA deberían aprovechar las oportunidades de investigación que ofrecen las crisis de los últimos años (pandemia de COVID-19, guerra de Ucrania, quiebras bancarias en Estados Unidos y en Europa) dentro del sector financiero.

Finalmente, la metodología SFA permite la apertura de nuevos enfoques de investigación. El SFA puede ser vista como una herramienta de evaluación comparativa a partir de la cual se seleccionen las alternativas que conducen a “mejores prácticas”. Así, cualquier proceso que implique una transformación (toma de decisiones, gestión estratégica, consumo de productos o servicios o generación de valor) puede ser analizado desde una perspectiva input-output. Recomendamos que futuros estudios tomen en consideración la versatilidad del

SFA y amplíen su alcance para estudiar, por ejemplo, los procesos de toma de decisiones.

2.8 Resultado y conclusiones

El objetivo principal de este trabajo es revisar la literatura relacionada con la eficiencia bancaria bajo el análisis de frontera estocástica (SFA). Se trata de identificar las principales fuentes de conocimiento en función de las revistas, autores y artículos más influyentes según las citas de los artículos. Además, se proporciona una revisión exhaustiva de los 133 artículos más destacados en el periodo 1990-2021, analizando las revistas de publicación, número de citas, palabras clave, metodología, enfoque de variables input-output y áreas geográficas.

Primero, este estudio encuentra que la literatura sobre eficiencia bancaria basada en técnicas de estimación de frontera estocástica ha tenido un crecimiento desde el año 1990.

En segundo lugar, este trabajo obtiene que el *Journal of Banking & Finance* es la revista más influyente en cuanto a la cantidad de publicaciones y número de citas, resultado que coincide con Ahmad et al. (2020). Sin embargo, teniendo en cuenta el factor de impacto de la revista (SJR 2021), la revista con más relevancia es *Review of Economics and Statistics*.

En relación con el artículo con más citas según la fuente de datos *Scopus*, *Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence* (Ferrier y Lovell, 1990), es el más destacado. Los autores más prolíficos son Bonin et al. (2005), que poseen el mayor número de citas.

En tercer lugar, el análisis del contenido de los 133 artículos revela que las palabras-clave más utilizadas son *Bank*, *Efficiency* y *Stochastic Frontier Analysis*. En cuanto a las funciones de estimación de frontera, el modelo más común es la eficiencia de costes, que aparece en el 70 % de los artículos, seguida por la eficiencia de beneficios (27%) y la eficiencia técnica (25%). Sobre el enfoque de las variables input-output, se obtiene que el más utilizado es el enfoque de intermediación de Sealey y Lindley (1977), que consta en el 66% de los artículos analizados.

En cuanto al análisis geográfico, se observa que el sector bancario más analizado y con más influencia es Europa (50 publicaciones con el 43% de las citas totales de *Scopus*). En segundo lugar, es Asia, con 34 publicaciones (destacando China con 9 artículos con datos bancarios de ese país). En tercer lugar, se sitúa Norte América (19 artículos), destacando 18 publicaciones que analizan la eficiencia del sector bancario de Estados Unidos. A pesar del menor número de publicaciones de Estado Unidos con respecto a Asia, los artículos de Estados Unidos son más influyentes en términos de cantidad de citas.

Este estudio ha realizado varias contribuciones. En primer lugar, a conocimiento del autor, es la primera vez que se realiza una revisión sistemática de literatura de las publicaciones con técnicas de estimación de frontera estocástica (SFA) en el sector bancario. Las revisiones previas de literatura (de Abreu et al., 2018; Bhatia et al., 2018; Ahmad et al., 2020) se basan principalmente en las técnicas de estimación más importantes (DEA y SFA).

En segundo lugar, se analiza un contenido muy amplio y con algunos tópicos de especial interés. Por ejemplo, la relación entre citas de *Google Scholar* y *Scopus*, las palabras clave más comúnmente utilizadas, tipo de eficiencia estimada o el área geográfica de los bancos objeto de estudio en cada artículo.

Finalmente, este ensayo pretende ser un punto de partida y una guía para próximos investigadores en el área, tratando de ayudar a la elección del método, selección y justificación de variables del modelo y elección de la fuente de difusión.

Referencias

- Ahmad, N., Naveed, A., Ahmad, S., y Butt, I. (2020). Banking sector performance, profitability, and efficiency: a citation-based systematic literature review. *Journal of Economic Surveys*, 34(1), 185-218.
- Aiello, F., y Bonanno, G. (2016). Efficiency in banking: a meta-regression analysis. *International review of applied economics*, 30(1), 112-149.
- Aiello, F., y Bonanno, G. (2018). On the sources of heterogeneity in banking efficiency literature. *Journal of Economic Surveys*, 32(1), 194-225.
- Aigner, D., Lovell, C. K., y Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.
- Allen, L., y Rai, A. (1996). Operational efficiency in banking: An international comparison. *Journal of banking & Finance*, 20(4), 655-672.
- Altunbaş, Y., Gardener, E. P., Molyneux, P., y Moore, B. (2001). Efficiency in European banking. *European Economic Review*, 45(10), 1931-1955.
- Altunbas, Y., Liu, M. H., Molyneux, P., y Seth, R. (2000). Efficiency and risk in Japanese banking. *Journal of Banking & Finance*, 24(10), 1605-1628.
- Aly, H. Y., Grabowski, R., Pasurka, C., y Rangan, N. (1990). Technical, scale, and allocative efficiencies in US banking: An empirical investigation. *The review of economics and statistics*, 211-218.
- Andrieș, A. M., y Ursu, S. G. (2016). Financial crisis and bank efficiency: An empirical study of European banks. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 29(1), 485-497.
- Ayadi, R., Arbak, E., Naceur, S. B., & De Groen, W. P. (2015). *Financial development, bank efficiency, and economic growth across the Mediterranean* (pp. 219-233). Springer International Publishing.

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, 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, 325-332.

Bauer, P. W., Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1993). Efficiency and productivity growth in US banking. *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*, 386-413.

Berger, A. N. (1993). "Distribution-free" estimates of efficiency in the US banking industry and tests of the standard distributional assumptions. *Journal of productivity Analysis*, 4(3), 261-292.

Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1991). The dominance of inefficiencies over scale and product mix economies in banking. *Journal of Monetary Economics*, 28(1), 117-148.

Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1992). Measurement and efficiency issues in commercial banking. In *Output measurement in the service sectors* (pp. 245-300). University of Chicago Press.

Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1997). Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research. *European journal of operational research*, 98(2), 175-212.

Berger, A. N., y Mester, L. J. (1997). Inside the black box: What explains differences in the efficiencies of financial institutions?. *Journal of banking & finance*, 21(7), 895-947.

Berger, A. N., Hunter, W. C., y Timme, S. G. (1993). The efficiency of financial institutions: A review and preview of research past, present and future. *Journal of Banking & Finance*, 17(2-3), 221-249.

Bhatia, V., Basu, S., Mitra, S. K., y Dash, P. (2018). A review of bank efficiency and productivity. *Opsearch*, 55(3-4), 557-600.

- Bonin, J. P., Hasan, I., y Wachtel, P. (2005). Bank performance, efficiency and ownership in transition countries. *Journal of banking & finance*, 29(1), 31-53.
- Bonin, J. P., Hasan, I., y Wachtel, P. (2005). Privatization matters: Bank efficiency in transition countries. *Journal of Banking & Finance*, 29(8-9), 2155-2178.
- Clark, J. A., y Siems, T. F. (2002). X-efficiency in banking: Looking beyond the balance sheet. *Journal of Money, Credit and Banking*, 987-1013.
- Coll, V., y Blasco, O. M. (2000). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Juan Carlos Martínez Coll.
- Colwell, R. J., y Davis, E. P. (1992). Output and productivity in banking. *The Scandinavian Journal of Economics*, S111-S129.
- De Abreu, E.S., Kimura, H. y Sobreiro, V.A. (2018) What is going on with studies on banking efficiency?
- Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A., y Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB journal*, 22(2), 338-342.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society: series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Ferreira, C. (2012). Bank efficiency, market concentration and economic growth in the European Union.
- Ferrier, G. D., y Lovell, C. K. (1990). Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence. *Journal of econometrics*, 46(1-2), 229-245.
- Fethi, M. D., y Pasiouras, F. (2010). Assessing bank efficiency and performance with operational research and artificial intelligence techniques: A survey. *European journal of operational research*, 204(2), 189-198.
- Fiordelisi, F., Marques-Ibanez, D., y Molyneux, P. (2011). Efficiency and risk in European banking. *Journal of banking & finance*, 35(5), 1315-1326.

- Franceschini, F., Maisano, D., y Mastrogiacomo, L. (2016). Empirical analysis and classification of database errors in Scopus and Web of Science. *Journal of informetrics*, 10(4), 933-953.
- Girardone, C., Molyneux, P., y Gardener, E. P. (2004). Analysing the determinants of bank efficiency: the case of Italian banks. *Applied Economics*, 36(3), 215-227.
- Goldberg, L. G., y Rai, A. (1996). The structure-performance relationship for European banking. *Journal of Banking & Finance*, 20(4), 745-771.
- Greene, W. (2004). Distinguishing between heterogeneity and inefficiency: stochastic frontier analysis of the World Health Organization's panel data on national health care systems. *Health economics*, 13(10), 959-980.
- Greene, W. (2005). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of productivity analysis*, 23(1), 7-32.
- Greene, W. H. (2008). The econometric approach to efficiency analysis. *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, 1(1), 92-250.
- Iršová, Z., y Havránek, T. (2010). Measuring bank efficiency: a meta-regression analysis. *Prague Economic Papers*, 19(10), 307-328.
- Jacso, P. (2005). As we may search—comparison of major features of the Web of Science, Scopus, and Google Scholar citation-based and citation-enhanced databases. *Current science*, 89(9), 1537-1547.
- Jia, J. (2016). Efficiency of Chinese banks: a survey and suggested directions for future research. *The Chinese Economy*, 49(4), 239-256.
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., y Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- Krasnikov, A., Jayachandran, S., y Kumar, V. (2009). The impact of customer relationship management implementation on cost and profit efficiencies: evidence from the US commercial banking industry. *Journal of marketing*, 73(6), 61-76.

- Kumar, S., Gulati, R., Kumar, S., y Gulati, R. (2014). A survey of empirical literature on bank efficiency. *Deregulation and Efficiency of Indian Banks*, 119-165.
- Kumbhakar, S. C. (1990). Production frontiers, panel data, and time-varying technical inefficiency. *Journal of econometrics*, 46(1-2), 201-211.
- Lee, Y. H., y Schmidt, P. (1993). A production frontier model with flexible temporal variation in technical efficiency. *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*, 237-255.
- Lensink, R., Meesters, A., y Naaborg, I. (2008). Bank efficiency and foreign ownership: Do good institutions matter?. *Journal of Banking & Finance*, 32(5), 834-844.
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., y López-Cózar, E. D. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of informetrics*, 12(4), 1160-1177.
- Meeusen, W., y van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 435-444.
- Mester, L. J. (1996). A study of bank efficiency taking into account risk-preferences. *Journal of banking & finance*, 20(6), 1025-1045.
- Mokhtar, H. S. A., AlHabshi, S. M., y Abdullah, N. (2006). A conceptual framework for and survey of banking efficiency study. *UNITAR e-Journal*, 2(2), 1-19.
- Mountain, D. C., y Thomas, H. (1999). Factor price misspecification in bank cost function estimation. *Journal of international financial markets, institutions and money*, 9(2), 163-182.
- Orduña-Malea, E., Ayllón, J. M., Martín-Martín, A., y Delgado López-Cózar, E. (2015). Methods for estimating the size of Google Scholar. *Scientometrics*, 104, 931-949.
- Orea, L., y Kumbhakar, S. C. (2004). Efficiency measurement using a latent class stochastic frontier model. *Empirical economics*, 29, 169-183.

Ory, J. N., y Lemzeri, Y. (2012). Efficiency and hybridization in cooperative banking: The French case. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 83(2), 215-250.

Paradi, J. C., y Zhu, H. (2013). A survey on bank branch efficiency and performance research with data envelopment analysis. *Omega*, 41(1), 61-79. *Research in International Business and Finance* 47: 195–219.

Pasiouras, F., Tanna, S., y Zopounidis, C. (2009). The impact of banking regulations on banks' cost and profit efficiency: Cross-country evidence. *International review of financial analysis*, 18(5), 294-302.

Pitt, M. M., y Lee, L. F. (1981). The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. *Journal of development economics*, 9(1), 43-64.

Schaeck, K., y Cihák, M. (2014). Competition, efficiency, and stability in banking. *Financial management*, 43(1), 215-241.

Sealey Jr, C. W., y Lindley, J. T. (1977). Inputs, outputs, and a theory of production and cost at depository financial institutions. *The journal of finance*, 32(4), 1251-1266.

Semih Yildirim, H., y Philippatos, G. C. (2007). Efficiency of banks: Recent evidence from the transition economies of Europe, 1993–2000. *European Journal of Finance*, 13(2), 123-143.

Sharma, D., Sharma, A. K., y Barua, M. K. (2013). Efficiency and productivity of banking sector: A critical analysis of literature and design of conceptual model. *Qualitative Research in Financial Markets*.

Shephard, R.W. (1953) Cost and Production Functions. Princeton University Press, Princeton.

Stevenson, R.E. (1980), Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation, *Journal of Econometrics*, Vol. 13, 57-66.

Sturm, J. E., y Williams, B. (2004). Foreign bank entry, deregulation and bank efficiency: Lessons from the Australian experience. *Journal of Banking & Finance*, 28(7), 1775-1799.

Toby, A. J. (2006). Methodological approach to the study of x-efficiencies and scale economies in banking: Are smaller banks more efficient than larger banks? *Journal of Financial Management & Analysis*, 19(2).

Wakefield, A. (2014). Searching and critiquing the research literature. *Nursing Standard (2014+)*, 28(39), 49.

Wang, H. J., y Schmidt, P. (2002). One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels. *Journal of Productivity Analysis*, 18, 129-144.

Weill, L. (2004). Measuring cost efficiency in European banking: A comparison of frontier techniques. *Journal of Productivity Analysis*, 21, 133-152.

Williams, J. (2004). Determining management behaviour in European banking. *Journal of Banking & Finance*, 28(10), 2427-2460.

Williams, J., y Nguyen, N. (2005). Financial liberalisation, crisis, and restructuring: A comparative study of bank performance and bank governance in South East Asia. *Journal of Banking & Finance*, 29(8-9), 2119-2154.

3. EL IMPACTO DEL *BREXIT* EN LA EFICIENCIA BANCARIA: EVIDENCIA DEL REINO UNIDO E IRLANDA

Resumen: La salida del Reino Unido de la Unión Europea (UE) abre un escenario inédito para la economía británica y de la UE. Uno de los puntos clave se centra en el sector bancario. El principal objetivo de esta investigación es proporcionar evidencia empírica que permita analizar los efectos de un proceso desintegrador en la eficiencia bancaria británica y europea. Este trabajo investiga el efecto producido por el referéndum a favor de la salida de Reino Unido de la UE llevado a cabo en junio de 2016 sobre la industria bancaria de Reino Unido. Para ello se ha estimado la eficiencia técnica de los 56 principales bancos británicos e irlandeses durante el periodo 2007-2016. Por un lado, utilizando el análisis de fronteras estocásticas (SFA), se ha estimado una función de distancia input-orientada (Shephard, 1970). Posteriormente se ha estimado un Análisis Envolvente de Datos (DEA). Como variables output se utilizan *ingresos* y *préstamos*. Por otro lado, los *activos fijos*, el *número de empleados* y los *depósitos* se han utilizado como variables input. Los resultados sugieren que las expectativas creadas después del referéndum (*Brexit*) han afectado negativamente la eficiencia de la industria bancaria británica. La evidencia también indica que la eficiencia del sector bancario de Irlanda, en término medio, es significativamente mayor, y también se ha visto afectado por el efecto del *Brexit*. Además, los resultados muestran que la ineficiencia es muy relevante y explica las desviaciones de la frontera de producción, mientras que el "ruido" apenas influye en el modelo. Por otro lado, se ha obtenido evidencia de rendimientos decrecientes a escala.

Palabras-clave: *Brexit*, eficiencia bancaria, SFA, DEA, función de distancia, UK, Irlanda

Abstract: The withdrawal of the United Kingdom (UK) from the European Union (EU) opens an unprecedented scenario for the British economy and the EU. One of the key points focuses on the banking sector. The main objective of this research is to provide empirical evidence to analyze the effects of a disintegrating process on the efficiency of British and European banking. This paper investigates the effect produced, on the banking industry, by the referendum in favor of the withdrawal of the United Kingdom from the EU carried out in June 2016. To this end, the technical efficiency of the 56 main British and Ireland banks has been analyzed over the 2007-2016 period. On the one hand, using Stochastic Frontier Analysis (SFA), an input-oriented distance function (Shephard, 1970) has been estimated. On the other hand, a Data Envelopment Analysis (DEA) has been subsequently estimated. As output variables we used turnover and loans. On the other side, fixed assets, number of employees and deposits have been used as input variables. The results highlight that the expectations created after the referendum (*Brexit*) has negatively affected the efficiency of British banking industry. The evidence also indicates that the Ireland banking sector efficiency, in average term, is significantly higher and it has also been affected by the effect of *Brexit*. Moreover, results show that inefficiency is very relevant and explains the deviations of the production frontier, while "noise" hardly influences the model. On the other hand, evidence of decreasing returns to scale has been obtained.

Keywords: *Brexit*, bank efficiency, SFA, DEA, distance function, UK, Ireland

JEL classification: F36; G21; N20

3.1 Introducción

El papel que juegan las expectativas en la economía fue puesto en relieve por Keynes (1936) en su conocida obra *Teoría General del empleo, el interés y el dinero*, donde consideraba que éstas - que dependen exclusivamente de factores psicológicos- tienen efectos muy importantes sobre la inversión y, por tanto, sobre la economía en general. En este sentido, las decisiones de ahorro las toman los individuos en función de sus ingresos, mientras que las decisiones de inversión las toman los empresarios en función de sus expectativas.

Keynes estudió la propensión marginal al consumo y cuál es su efecto en la economía. Esta, dependerá de las expectativas que tenga la persona respecto al futuro, y del nivel de renta (una persona con rentas bajas consumirá la mayor parte de sus ingresos, mientras que una con rentas altas tiene más fácil dedicar una parte al ahorro). Por ejemplo, las demandas salariales de los trabajadores y las subidas que los empresarios están dispuestos a conceder dependen de las expectativas que ambos tengan sobre el comportamiento de la inflación en el próximo año. Del mismo modo, el precio de las acciones es muy sensible a las expectativas, ya que cualquier previsión sobre el crecimiento de beneficios o dividendos, o cualquier anuncio público o noticia sobre la empresa afectará a su cotización.

En cualquier caso, lo que Keynes quiso transmitir es que el futuro era desconocido y "desconocible" -en el sentido de que no puede inferirse racionalmente-, debido a que está fuertemente marcado por variables psicológicas, y por tanto, puso en cuestión la capacidad de realizar pronósticos útiles en la economía.

La noticia de que un país previsiblemente abandone la Unión Europea, una situación sin precedentes, ha creado unas expectativas que ya están afectando a la economía británica y que se analizarán en este trabajo a través del estudio de la eficiencia en su sector bancario. Estas expectativas están relacionadas con la repercusión que tendrá en Reino Unido el cambio en la relaciones comerciales y financieras con el resto de la Unión.

Durante más de un cuarto de siglo, se han realizado intensos esfuerzos para construir el Mercado Financiero Único (SFM en adelante, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea. Como resultado, la UE-28 se ha convertido en la mayor área financiera del mundo por activos totales (43.000 millones de euros) por delante de China y los Estados Unidos de América (Banco Central Europeo, 2018). Dentro de la UE-28, Gran Bretaña lidera este ranking con un 21% de los activos totales bancarios (8.9 millones de euros). Sin contar con el aporte de Gran Bretaña, el liderazgo de la banca mundial pasaría a manos de China.

En términos agregados, la economía británica representa un 15.1% de la economía de la UE-28 (Eurostat, 2017). Sin embargo, el peso específico de la industria bancaria británica es mucho mayor, Reino Unido representa el 21 % de la capitalización bancaria europea, el 18 % del crédito y el 14% del empleo generado. Reino Unido alberga uno de los mayores centros financieros del mundo. Aunque la *City* londinense ha perdido en las últimas décadas parte de su liderazgo mundial, en favor, básicamente, de Nueva York y de Tokio, mantiene una posición predominante entre los sistemas financieros europeos. La Bolsa de Londres es referente mundial y la primera europea por volumen de transacciones y capitalización bursátil. Cuenta con aproximadamente 255 bancos extranjeros. También es líder en el mercado de seguros y sede muy relevante en otros mercados como: futuros (LIFFE por sus siglas en inglés), petróleo (IPE por sus siglas en inglés), oro (London Bullion Market) y fletes (Baltic Exchange). En los últimos años se ha producido un importante crecimiento del sector financiero en Escocia (Edimburgo y Glasgow), así como también se ha expandido en otras ciudades como Birmingham, Manchester o Belfast. Estos centros ofrecen tanto servicios internacionales como domésticos, incluyendo servicios informáticos y profesionales (Secretaría de Estado de Comercio, 2017).

Como parte integrante de la Unión Europea desde 1973, tanto el Reino Unido como la República de Irlanda participaron activamente en el proceso de armonización bancaria que se concretó en la Primera Directiva Bancaria (1977) y la Segunda Directiva Bancaria (1989). El desarrollo posterior del SFM estuvo fuertemente influenciado por los responsables políticos británicos (Posner y Veron, 2010), la ciudad de Londres (Howarth y Quaglia, 2017), y la industria financiera de Reino Unido (Mugge, 2010; Bell y Hindmoor, 2017).

Influenciados por las tendencias globales, tanto los bancos británicos como los irlandeses han experimentado dos movimientos principales en las regulaciones de capital: Antes de 2008, y durante un largo período, hubo una reducción significativa de los niveles de capital en un importante cambio de riesgo de los bancos al Estado (Alessandri y Haldane, 2009). Esta liquidación de capital fue facilitada por los acuerdos de Basilea (Bell y Hindmoor, 2017; Fujii et al., 2018). Durante ese tiempo, la economía irlandesa experimentó un período de rápido crecimiento económico. El *tigre celta* del auge económico (1994-2007), basado en impuestos corporativos bajos, tasas de interés bajas y supervisión bancaria suave, condujo a una expansión del crédito y una burbuja inmobiliaria que estalló en 2007.

A partir de 2008, como resultado de la crisis financiera mundial, se incrementaron los niveles de capital, a través de la implementación de Basilea III. Posteriormente, el Banco de Inglaterra endureció los requisitos de capital, convirtiendo el sistema financiero inglés en uno de los estándares más estrictos del mundo en cuanto a suficiencia de capital. En el caso irlandés este período fue muy difícil. Los bancos irlandeses, sobreexpuestos al mercado inmobiliario irlandés, sufrieron graves dificultades en septiembre de 2008 (Clarke y Hardiman, 2012; Donovan y Murphy, 2013). En noviembre de 2010, la República de Irlanda se vio obligada a participar en un programa de apoyo financiero de la UE y el Fondo Monetario Internacional (FMI en adelante) que estuvo acompañado de estrictas medidas regulatorias. Como consecuencia de lo anterior, las industrias bancarias del Reino Unido e Irlanda han sufrido intensos cambios regulatorios, consolidación a través de fusiones y adquisiciones (M&A por sus siglas en inglés), importantes cambios tecnológicos y aumentos competitivos significativos.

En 2018 Reino Unido lidera el ranking de la UE-28 en activos bancarios (21 % del total de la UE-28), capitalización (21 %), crédito (18 %) y empleo generado (14 %) albergando el segundo centro financiero más grande del mundo según el Índice de Centros Financieros Globales (Yeandle et al., 2019). Sin embargo, la importancia del sector financiero británico está estrechamente relacionada con el desarrollo del Mercado Financiero Único y con la introducción de la moneda única en la UE (Kirby et al., 2017). Por lo tanto, los bancos extranjeros, que

utilizan la licencia del Reino Unido como pasaporte europeo para prestar servicios en toda la UE, dominan el negocio de banca de inversión de Londres.

El 23 de junio de 2016, los votantes del Reino Unido decidieron en referéndum abandonar la Unión Europea. El proceso llamado *Brexit* (acrónimo de las palabras inglesas *Britain* y *exit*,) está previsto que finalice el 31 de octubre de 2019 con la retirada definitiva del Reino Unido de la Unión Europea. Esa situación sin precedentes ha creado nuevas incertidumbres que ya están afectando a la economía británica y de la UE (Tata, 2018; Shahzad et al., 2019). A este respecto, la Comisión Europea ha reconocido la posición única de Irlanda en lo que se refiere al *Brexit* (Comisión de la Unión Europea, 2017).

Dentro del proceso de integración europea, los servicios financieros constituyen una parte esencial para completar el mercado interior en el contexto de la libre circulación de servicios y capitales. Los avances hacia la integración se han realizado progresivamente y pueden dividirse en varias fases: eliminación de las barreras nacionales de acceso (1957-1973), armonización de legislaciones y políticas nacionales (1973-1983), culminación del mercado interior (1983-1992), creación de la zona de la moneda única y periodo anterior a la crisis (1999-2007) y reforma posterior a la crisis (desde 2007) (Parlamento Europeo, 2018).

La crisis financiera de 2008 puso de manifiesto la necesidad de mejorar la regulación y la supervisión del sector financiero de la UE, especialmente en la zona del euro. Las distintas respuestas nacionales han puesto de relieve la interdependencia entre los bancos y los gobiernos nacionales. Además, las distintas soluciones nacionales han dado lugar a la fragmentación del mercado único de los servicios financieros, lo que a su vez ha contribuido a generar perturbaciones en la concesión de créditos a la economía real. En este sentido, era necesario reforzar aún más la unión económica y monetaria (UEM en adelante) y parte de esa iniciativa conllevaría la creación de un marco financiero integrado, que posteriormente pasó a denominarse «unión bancaria».

La unión bancaria es un sistema de supervisión y resolución bancarias a escala de la UE que funciona con arreglo a normas para toda la UE. Su objetivo es garantizar que el sector bancario en la zona del euro y la UE en su conjunto sea seguro y fiable y que la resolución de los bancos no viables se lleve a cabo sin

recurrir al dinero de los contribuyentes y con unas repercusiones mínimas para la economía real. Los principales objetivos son velar por que los bancos sean sólidos y puedan resistir a futuras crisis financieras, evitar situaciones en las que se utilice el dinero de los contribuyentes para salvar los bancos en quiebra, reducir la fragmentación del mercado armonizando la normativa del sector financiero y reforzar la estabilidad financiera en la zona del euro y la UE en su conjunto.

La unión bancaria consta de tres componentes principales: el código normativo único, el Mecanismo Único de Supervisión y el Mecanismo Único de Resolución (Consejo de la Unión Europea, 2018).

Cabe destacar la relevancia del sector bancario en la financiación de la economía europea y en particular del área del euro, lo que lleva a un sector comparativamente mayor (en relación por ejemplo con Estados Unidos) y de tamaño creciente hasta la crisis. Aproximadamente el 70 % de la financiación que reciben el conjunto de empresas y familias europeas es intermediado por el sector bancario, mientras que el 30 % restante lo es por los mercados de capitales.

El sector bancario en la UE no es solo comparativamente grande, sino que ha crecido mucho en los últimos años. Este crecimiento vino impulsado por el mercado único europeo y, en particular a partir del año 2000, por la moneda única, que eliminó el riesgo de tipo de cambio en las operaciones transfronterizas de los países del área del euro, impulsándolas de forma muy significativa.

Estas cifras ponen de manifiesto que, dado su tamaño y relevancia en la intermediación financiera y en la financiación de la economía, lo que le ocurra al sector bancario es determinante para la economía europea.

El *Brexit* es un proceso político en curso cuyo fin es la salida del Reino Unido de la Unión Europea. La salida del Reino Unido de la Unión plantea una nueva serie de retos con posibles repercusiones para el sector de los servicios financieros en la Unión y fuera de ella.

El Reino Unido es una monarquía constitucional y una democracia parlamentaria con un jefe del Gobierno - el primer ministro - y un jefe del Estado - el monarca -

y está formado por 4 países: Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda del Norte. Los tres últimos tienen administraciones descentralizadas con diferentes competencias. Reino Unido entró a formar parte de la Comunidad Económica Europea (CEE en adelante) en 1973 y, tras renegociar las condiciones de su entrada celebró un referéndum en 1975 con el resultado a favor de la permanencia. Sin embargo, cuando en 1985 se creó el espacio Schengen - en vigor desde 1995 - formado por 26 países que han abolido sus fronteras internas, decidió mantenerse al margen.

En 1993, Reino Unido, se integró al mercado único, que promueve el libre movimiento de bienes y personas como si los estados miembros fueran un solo país, pero no adoptó el euro y sigue teniendo su propia moneda, la libra esterlina. En 2016 se produjo un segundo referéndum sobre la pertenencia, que se celebró el jueves 23 de junio, el cual arrojó un resultado favorable a la salida de la Unión Europea con casi un 52 % de los votos, frente a un 48 % que abogó por la permanencia. Tras conseguir la aprobación del parlamento británico, el 29 de marzo de 2017 el Reino Unido comunicó al presidente del Consejo de la Unión Europea su intención de abandonar la Unión Europea, tal como establece el artículo 50 del Tratado de la Unión Europea, procedimiento incluido por primera vez en el Tratado de Lisboa en 2007. Esta comunicación da inicio al proceso de salida, que según establece el tratado, tendrá una duración inicial de 2 años, prorrogable por acuerdo unánime de los Estados miembro.

Cameron prometió celebrar un referéndum si ganaba las elecciones parlamentarias de 2015 como respuesta a las presiones dentro de su propio partido – conservador - y al crecimiento electoral del partido nacionalista de derecha – UKIP (por sus siglas en inglés) -, que defiende la salida de la UE. Detrás del referéndum se esconden varias razones como el recelo ante la burocracia de Bruselas, el control de la inmigración, la defensa de la soberanía nacional, el orgullo por un carácter británico diferenciado del resto de Europa, y los retos de seguridad, entre otras.

Los resultados no fueron uniformes, Inglaterra y Gales votaron a favor de la salida, mientras que Escocia e Irlanda del Norte votaron a favor de la permanencia. Esto abre un nuevo debate sobre la integridad del Reino Unido.

Por un lado, Irlanda del Norte con el inconveniente de una posible frontera física con la República de Irlanda, podría incluso plantearse la unión al territorio republicano para seguir perteneciendo a la UE. Por otro lado, el caso de Escocia, que ya celebró un referéndum de autodeterminación en el año 2014 con el resultado de permanencia, podría ahora plantearse nuevamente su pertenencia a Reino Unido.

Según las declaraciones de la actual primera ministra, Theresa May - también del partido conservador – ha fijado la fecha exacta para la salida de Reino Unido de la UE en el 29 de marzo de 2019 a las 23.00, fecha en la que se cumplirían los dos años que establece el artículo 50 del Tratado de Lisboa desde la comunicación oficial de la intención de salida al Consejo Europeo.

Este preciso calendario será enmendado en el proyecto de ley sobre el *Brexit* (Proyecto de Ley sobre la Retirada de la UE) que está actualmente en trámite parlamentario y una vez aprobado autorizará la desconexión del Reino Unido de la Unión.

Las implicaciones económicas dependerán en gran medida de los acuerdos en materia económico-financiera. Sin embargo, el riesgo de que el Reino Unido abandone la UE ya tiene consecuencias financieras. El día siguiente al referéndum la libra se devaluó más de un 10% en comparación con el dólar y la cotización de las acciones de bancos como Barclays y RBS descendió un 30% (BBC, 2016).

Según la Autoridad Bancaria Europea (EBA por sus siglas en inglés) los bancos de los 27 países miembros de la UE han reducido su exposición a Reino Unido desde la votación del *Brexit* en términos de activos desde algo más de 1,9 billones de euros en junio de 2016 cuando se realizó el referéndum, a poco menos de 1,6 billones de euros en junio de 2017. Los pasivos bajaron desde justo por debajo de 1,7 billones (2,03 billones de dólares) a justo por encima de los 1,3 billones de euros en el mismo periodo (Público, 2017).

Un estudio publicado recientemente por el Banco de España (2018) afirma que el *Brexit* ya ha afectado al comercio exterior con Reino Unido, puesto que en 2017 se produjo una ralentización de las exportaciones españolas de bienes al

Reino Unido del 6%. En el artículo se subraya que el Reino Unido es un "mercado significativo" para las empresas españolas, en concreto nuestro quinto socio comercial, y según los datos del ICEX¹, las empresas que exportan bienes a la economía británica representan alrededor del 7% del número total de exportadores. De forma simétrica, el porcentaje de empresas que importan bienes de la economía británica asciende al 10% del total de importadores.

En este trabajo se ha estudiado el sector bancario de Reino Unido e Irlanda, a través de la eficiencia técnica, durante el periodo 2007-2016. Se han estudiado el efecto que el proceso de desintegración británico tiene en la eficiencia técnica de la industria bancaria. Para ello se utilizan técnicas no paramétricas, como el análisis envolvente de datos (DEA), y técnicas paramétricas, a través de la estimación de la función de distancia estocástica.

El resto del trabajo se organiza como sigue. En el apartado 2 se hace una revisión de literatura correspondiente al concepto de eficiencia técnica y a las fronteras de producción, así como la existente en relación a la eficiencia bancaria. En el apartado 3 se analiza la metodología y se define la especificación empírica del modelo que vamos a aplicar. En el apartado 4 se presentan los datos que vamos a utilizar para realizar el análisis envolvente de datos (DEA) y la estimación de la función de distancia estocástica. En el apartado 5 se presentan los resultados obtenidos. Por último, en el apartado 6 se extraen las conclusiones principales del estudio.

3.2 Revisión de la literatura

3.2.1 Concepto de Eficiencia

La eficiencia técnica de una unidad productiva se refiere a la obtención de la mayor cantidad de output posible dadas unas cantidades de inputs o factores productivos, o bien, el uso mínimo de inputs dada una cantidad determinada de output, teniendo en cuenta las relaciones físicas de producción.

¹ Instituto Español de Comercio Exterior (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad)

Farrell (1957) fue de los primeros autores en medir la eficiencia técnica, permitiendo primeramente definir una función frontera obteniendo un output productivo máximo, para posteriormente ser comparado con el output realmente obtenido tras combinar los inputs.

Para tratar de estimar el máximo output es necesario decantarnos por uno de los dos tipos de fronteras que existen: por un lado, fronteras determinísticas, las cuales atribuyen cualquier diferencia con respecto a la frontera a la ineficiencia y por otro lado las fronteras estocásticas, las cuales descomponen esa diferencia respecto a la frontera en error puramente aleatorio y error atribuido a la ineficiencia. Este último está más comúnmente aceptado ya que aporta una mayor precisión al descomponer dicho error. Por otro lado, existen dos métodos de determinación de frontera: paramétrico y no paramétrico. El paramétrico básicamente se basa en una relación funcional de producción entre inputs y output, mientras que el no paramétrico no tiene en cuenta ningún tipo de relación funcional.

De acuerdo con el método elegido para la estimación de la frontera, la literatura sobre eficiencia puede dividirse en dos grupos: fronteras deterministas y fronteras estocásticas. Los enfoques deterministas se basan en modelos transversales. Dentro de ellos, el método de estimación más usado es el Análisis Envolvente de Datos (DEA). El debate sobre qué enfoque es el más apropiado para la estimación de la eficiencia continúa hoy en día. La respuesta a menudo depende de la aplicación empírica sobre la que se va a realizar la estimación.

El DEA, que es un enfoque determinista y no paramétrico -no requiere ninguna suposición sobre la forma funcional de la frontera de producción o coste-, fue introducido por Charnes et al. (1978) para medir la eficiencia bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala. Posteriormente, Banker et al. (1984) lo ha extendido para permitir rendimientos variables a escala.

La mayor ventaja de DEA es su flexibilidad, en el sentido de que impone condiciones menos restrictivas sobre la tecnología de referencia (forma de la función de producción). Esta flexibilidad implica, que las desviaciones en las medidas de eficiencia entre los bancos individuales y los bancos de mejores prácticas en la frontera eficiente no dependerán de la precisión con que la forma

funcional elegida capte la verdadera relación. Otra ventaja de este método es su fácil adaptación a contextos multiproducto (en adelante *multi-output*), incluso ante la ausencia de precios. Por último, el enfoque DEA permite relacionar simultáneamente todos los inputs con los outputs, pudiendo identificarse qué inputs están siendo infrautilizados. Como desventajas, se ha argumentado que el enfoque produce estimaciones sesgadas en presencia de errores de medición y otros ruidos estadísticos.

Según Banker y Natarajan (2008), los resultados de la simulación indican que los procedimientos basados en DEA funcionan mejor que los métodos paramétricos en la estimación de la productividad de una unidad de decisión individual (banco individual en nuestro caso). En segundo lugar, DEA se centra en las observaciones individuales más que en el promedio de la población, en comparación con el análisis de regresión. En tercer lugar, la DEA compara el desempeño del banco con la frontera de las mejores prácticas reveladas, más que con las propiedades de tendencia central de la frontera. Por último, Banker y Natarajan (2008), muestran que un enfoque de dos etapas basado en DEA que comprende un modelo DEA seguido de una estimación de máxima verosimilitud arroja un estimador consistente que funciona al menos tan bien como los métodos paramétricos en la estimación del impacto del contexto variables en los puntajes de eficiencia.

A partir del trabajo de Aigner et al. (1977) surgen las denominadas fronteras estocásticas, SFA, motivadas en la idea de que las desviaciones con respecto a la frontera pueden no estar enteramente bajo el control de la empresa analizada. Bajo la interpretación de la frontera determinística, un número inusualmente alto de fallos de mercado, o incluso hechos aleatorios que no estén bajo el control de los bancos, podrían finalmente parecerle al analista como ineficacia. Greene (2005) argumenta que la metodología de fronteras estocásticas (SFA) es una alternativa atractiva respecto a los análisis DEA por varias razones:

(a) la parte "estocástica" nos permite manejar adecuadamente los problemas de medición y otros factores estocásticos que de otra manera aparecen como causas de la ineficiencia.

(b) en particular cuando trabajamos con datos de diferentes países, como los que vamos a analizar aquí, el análisis SFA incluye modelos con los que hacer un cruce de datos considerando la heterogeneidad país (no observable).

(c) el análisis SFA proporciona medios para incluir la heterogeneidad observable en el modelo, (como por ejemplo el PIB per cápita).

3.2.2 Eficiencia Bancaria

Como se ha comentado anteriormente, el sector bancario tiene un papel central en la economía y ha sido un sector muy estudiado en términos de eficiencia, siendo de gran interés para muchas partes interesadas, como reguladores, clientes, inversores y público en general.

La literatura reciente ha contemplado el estudio de dos tipos de eficiencias. Por un lado, la eficiencia en costes que proporciona una medida sobre lo cerca que se encuentra un banco en sus prácticas actuales de la mejor práctica posible en materia de costes. Por otro lado, la eficiencia en beneficios que mide de qué manera los beneficios de un banco se alejan, por debajo, de los beneficios de un banco que, en condiciones similares a las suyas, obtenga los mayores beneficios posibles. Sin embargo, dada la dificultad existente a la hora de identificar los precios de los outputs, la mayoría de los estudios sobre eficiencia bancaria se han centrado exclusivamente en el análisis de los costes (Weill, 2004a; Becalli et al., 2006; Casu y Girardone 2010; entre otros). Además, algunos autores también han justificado dicha elección al considerar que es en los costes donde los bancos tienen una mayor influencia, y, por tanto, donde se concentra un mayor interés de análisis, ya que la presión que un banco puede ejercer sobre el mercado para aumentar sus ingresos es mínima.

Los primeros estudios econométricos sobre eficiencia en el sector bancario se centraron en el análisis de las economías de escala y de alcance en el sistema bancario de Estados Unidos (Berger et al., 1987) bajo el supuesto de que no existían ineficiencias de producción, sin embargo, Berger y Humphrey (1991) comprueban que sí existen, demostrando que la mayoría de las ineficiencias son de naturaleza operacional, debido al uso excesivo de inputs físicos en lugar de

financieros, y que las ineficiencias técnicas dominan a las ineficiencias de asignación (combinación inadecuada de inputs).

Berger y Humphrey (1997) revisan los estudios que analizan la eficiencia de las instituciones financieras, sin embargo, su cobertura se limita a técnicas de frontera eficientes (por ejemplo, DEA, análisis estocástico de frontera). Este análisis tiene más de 20 años y desde entonces se han publicado numerosos artículos, por ejemplo Berger (2007) analiza las aplicaciones más recientes de las técnicas de frontera, pero su encuesta se centra únicamente en estudios que proporcionan comparaciones internacionales de eficiencia bancaria.

La eficiencia se estima comúnmente mediante el empleo de métodos paramétricos (como el análisis SFA) o métodos no paramétricos, el más popular de los cuales es el DEA, que es la técnica más utilizada en el análisis de eficiencia bancaria.

Como reflejan en el *survey* realizado por Fethi y Pasiouras (2010), de un total de 196 estudios, El DEA es la técnica más utilizada para evaluar el rendimiento bancario e identifican 151 estudios que utilizan técnicas similares al DEA para estimar diversas medidas de eficiencia bancaria y crecimiento de la productividad, y 30 estudios que proporcionan estimaciones similares a nivel de sucursal.

La eficiencia en el sector bancario ha sido ampliamente investigada, siendo los principales tópicos de interés: la integración, supervisión, regulación, competitividad, economías de escala, convergencia o fusiones entre entidades.

Hay disparidad de opiniones sobre el efecto de la integración financiera europea en la eficiencia y algunos estudios evidencian cierta fragmentación en el mercado europeo debido a la existencia de “características nacionales”. Cavallo y Rossi (2001) demuestran un aumento en la eficiencia y en las economías de escala de las entidades a través de la integración, pero advierten de un alto riesgo de concentración en el sector y de características de monopolio. Weill (2004b) estudia la relación entre competencia y eficiencia en el sector bancario de la UE y proporciona evidencia de una relación negativa entre competencia y eficiencia en la banca. Berger (2003) examina los efectos de un mercado único de servicios

financieros sobre la eficiencia bancaria europea, sin llegar a poder constatar un efecto positivo. En el mismo sentido, Casu y Molyneux (2003) indican que, desde el Programa del Mercado Único de la UE, ha habido una pequeña mejora en los niveles de eficiencia bancaria, aunque hay pocas pruebas que sugieran que estos hayan convergido. La literatura al respecto se ha ampliado en los últimos años, Weill (2009) encuentra convergencia β - y σ en eficiencia en costes para en el período 1994-2005 y proporciona evidencia a favor del proceso de integración bancaria en la Unión Europea observando una mejora generalizada en la eficiencia bancaria para todos los países de la UE. En este sentido, Casu y Girardone (2010) y Gallizo et al. (2015) demuestran convergencia β - y σ en la eficiencia de costes para los países de la UE 15 durante el periodo 1997-2003 hacia un promedio europeo, si bien sus resultados indican la persistencia de ineficiencia o la falta de convergencia hacia las mejores prácticas.

En general, hay evidencia de que una mayor competencia interbancaria, innovaciones tecnológicas y financieras y libertad económica y financiera han llevado a los bancos a minimizar los costes y mejorar su eficiencia (Fiordelisi et al., 2011). En relación con esto, Cuesta y Orea (2002) estudian la eficiencia técnica de las cajas de ahorro españolas, evidenciando un posible efecto de las fusiones sobre la eficiencia técnica.

En cuanto a la regulación, Chortareas et al. (2012) indican que las políticas de supervisión y regulación (aumento de los requisitos de capital) pueden tener un impacto positivo perceptible en la eficiencia bancaria.

Para la mayoría de los investigadores existe un impacto positivo del proceso de integración europea sobre la eficiencia bancaria (Delis et al., 2009; Brissimis et al., 2010; Fiordelisi et al., 2011; Gallizo et al., 2015). Sin embargo, a conocimiento de los autores, no existen ningún trabajo que analice el efecto contrario dentro del espacio financiero europeo, por esta razón el principal objetivo de esta investigación es analizar los efectos de un proceso de desintegración en la eficiencia bancaria europea.

3.2.2.1 Determinación de las variables input-output

La eficiencia de una empresa bancaria constituye un indicador de su posición relativa al conjunto de empresas que forman las mejores prácticas observadas. Según estemos interesados en analizar la capacidad de ahorrar costes o de generar beneficios utilizaremos las definiciones de eficiencia en costes, o eficiencia en beneficios o producción.

Por tanto, la eficiencia técnica se puede estimar bajo un enfoque orientado al input o al output, y la literatura al respecto es variada. Coelli et al. (2005) señalan las medidas de eficiencia técnica orientadas al input intentan responder a la siguiente pregunta: "*¿en qué medida las cantidades de input se pueden reducir proporcionalmente sin cambiar las cantidades de producidas?*" (Coelli et al., 2005, p.137). Por otro lado, las medidas de eficiencia técnica orientadas a la producción (output) tratan de dar respuesta a: "*¿en qué medida las cantidades de input se pueden incrementar proporcionalmente sin alterar las cantidades de output utilizadas?*" (Coelli et al., 2005, p.137).

Existen numerosas variables que son de interés para el análisis de la eficiencia y la productividad de los bancos. Estas variables suelen ser: empleados, activo fijo, depósitos, préstamos y anticipos, ingresos por intereses, ingresos no financieros, gastos por intereses y otros gastos de explotación.

Sealey y Lindley (1977) fueron los primeros en proponer el enfoque de activos, que considera el banco un intermediario financiero que utiliza empleados, activo fijo y depósitos para producir préstamos y otros activos productivos. Otra versión del enfoque de intermediación es el enfoque del valor agregado, que fue sugerido por Berger y Humphrey (1991, 1992). En el enfoque de valor añadido lo que aporta valor añadido al banco se considera como un output (puede ser activo o pasivo) y los empleados, las instalaciones y los activos fijos se consideran como inputs.

Berger y Humphrey (1997) identifican dos enfoques principales, el "enfoque de producción" y el "enfoque de intermediación". El primero se refiere a que los bancos producen préstamos y servicios de cuentas o depósitos, utilizando empleados y capital como input, y que el número y tipo de transacciones miden

los productos. El segundo enfoque identifica a los bancos como intermediarios financieros entre ahorradores e inversores. Berger y Humphrey (1997) explican que ninguno de estos dos enfoques es completamente perfecto ya que no pueden recoger exactamente el doble papel de las instituciones financieras como proveedores de servicios y como intermediarios financieros. Señalan que el enfoque de producción puede ser mejor para evaluar las eficiencias de las sucursales bancarias y que el enfoque de intermediación puede ser más apropiado para evaluar a las instituciones financieras en su conjunto. Además, indican que el enfoque de producción es más complejo al existir dificultades para recopilar la información detallada del flujo de transacciones necesaria.

A excepción de los depósitos, existe un consenso en la literatura bancaria sobre las principales categorías de input y output, siendo inputs tradicionalmente los activos fijos, personal, y en muchos casos, los depósitos, y outputs serían los ingresos, los préstamos y otros activos productivos.

En cuanto a los depósitos Fethi y Pasiouras (2010) identifican alrededor de 95 investigaciones en eficiencia bancaria que consideran el valor monetario de los depósitos como input, entre ellos, Isik y Hassan (2002), Maudos y Pastor (2003), Casu et al. (2004) o Havrylchyk (2006) entre otros, y 20 estudios que lo usan como output, por ejemplo, Fiordelisi (2008), Lozano-Vivas et al. (2002) o Pastor (2002). Unos 30 estudios dividen los gastos por intereses como un input sin usar el importe de los depósitos (por ejemplo, Avkiran, 2009). En otras 7 aplicaciones, el volumen de depósitos se utiliza como un output y el gasto por intereses pagado por los depósitos constituye un input (Maudos et al., 2002; Chen et al., 2005).

Las variables input más utilizadas son activos fijos y gasto en personal, (Maudos y Pastor, 2003; Pasiouras, 2008) y en muchos casos también los depósitos (Casu et al., 2004; Havrylchyk, 2006; Cuesta y Orea, 2002) y también los costes totales (Casu y Girardone, 2010; Beccalli et al., 2006; Casu y Molyneux, 2003).

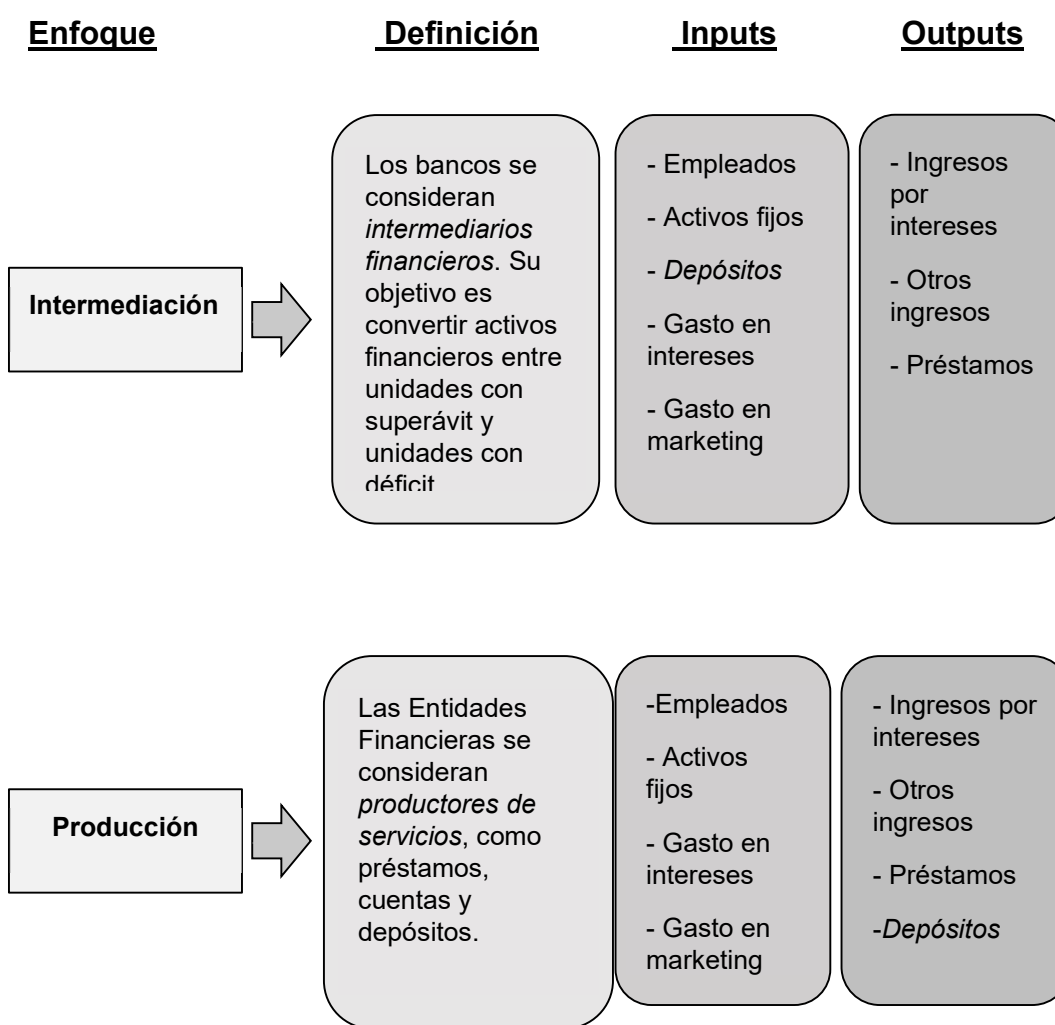
En cuanto a las variables output, los préstamos y otros activos rentables (Casu y Molyneux, 2003; Casu et al., 2004; Casu y Girardone, 2006, entre otros) son las variables más usadas en la literatura existente.

El enfoque de activos e intermediación de Sealey y Lindley (1977) y Berger y Humphrey (1997) es el más popular entre los investigadores y acuerdan que los bancos son intermediarios de servicios financieros que utilizan depósitos para actividades generadoras de ingresos (préstamos y anticipos) y pagan intereses a los depositantes, por lo tanto, parece más lógico considerar los depósitos como input.

En consecuencia, para este trabajo consideramos el activo fijo, gasto en personal y depósitos (siguiendo la mayoría de la literatura existente) como variables input, y la facturación total (ingresos) y el volumen de préstamos como variables output. Variables similares también utilizadas en estudios recientes como el de Chortareas et al. (2012).

En el gráfico 11 se ilustran los dos enfoques de selección de variables input-output más dominantes en la literatura existente.

Gráfico 11. Enfoques input - output



Fuente: elaboración propia

3.3 Metodología

El efecto de factores externos (*Brexit* en este caso) sobre la eficiencia también ha suscitado debate a la hora de escoger la metodología. Mientras el enfoque SFA permite la estimación de la eficiencia y los factores determinantes en una misma estimación (un paso), en el enfoque DEA, este efecto se debe de medir en un paso separado de la medición de eficiencia. Como argumento a favor del enfoque de un solo paso, se ha argumentado que no tener en cuenta las influencias exógenas en el primer paso inducirá un sesgo persistente en las estimaciones que se trasladan al segundo. Los resultados presentados por Wang y Schmidt (2002) evidencian ventajas a favor del enfoque *one-step*. Dentro

del enfoque SFA, el modelo más utilizado es el de propuesto por Battese y Coelli (1995). Estos autores proponen parametrizar la media de la distribución pre-truncada como una forma de estudiar la influencia exógena sobre la ineficiencia. Mejoras a este modelo han sido propuestas por Wang (2002) y Greene (2005), entre otros.

El sector bancario es un tipo de negocio *multi-output* que provoca que este tipo de análisis sea demasiado complejo como para tratarlo desde ópticas unidimensionales. Consecuentemente, durante los últimos años la convergencia o integración de los sectores bancarios ha sido analizada mediante la medición de sus niveles de eficiencia, y especialmente, centrándose en la habilidad de los gestores para minimizar los costes dada una determinada combinación de inputs y outputs.

En relación con la metodología la mayor parte de los trabajos utilizan modelos de frontera estocástica (SFA) o técnicas de análisis envolvente de datos (DEA) aplicados a datos de panel.

3.3.1 Estimación por técnicas estocásticas

Los índices de eficiencia se han calculado a partir de la estimación de una función de distancia input-orientada (Shephard, 1970). Esta metodología permite estimar la eficiencia relativa de los bancos en relación con la frontera tecnológica, descrita por la función de distancia. Esta técnica tiene dos ventajas principales: por un lado, está estrechamente relacionada con la eficiencia técnica y por otro, permite la posibilidad de especificar una tecnología de múltiples inputs y outputs sin información de precios, por lo que puede explicar la naturaleza *multi-output* del sector financiero utilizando solo datos sobre cantidades.

Siguiendo la literatura bancaria más reciente, empleamos una función de orientación input, ya que los bancos están habitualmente bajo presión para minimizar los costes (input), y el output está normalmente limitado por la demanda (ingresos o préstamos), por lo que no puede ser controlado por los gestores bancarios. El uso de la función de distancia es especialmente importante en el contexto del sector financiero, ya que está altamente regulado.

Tal y como se ha comentado anteriormente, usando una función distancia, no es necesario tener información sobre los precios de los factores (Coelli et al., 2005) y permite la estimación de procesos multiproductivos, que representan una ventaja importante en comparación con el uso de funciones de producción. Esto es particularmente relevante para el estudio del sector financiero, debido a la variedad de actividades desarrolladas por estas entidades.

Matemáticamente, la tecnología de producción del banco que usa el conjunto de outputs, $L(y)$, que representa el conjunto de inputs, $y \in R_+^M$, que puede producirse utilizando el vector de input, $x \in R_+^K$, es decir:

$$L(y) = \{x \in R_+^K : x \text{ puede producir } y\} \quad (3.3.1.1)$$

Son muchos los estudios que estiman la eficiencia siguiendo una orientación input, según los autores esto es debido a la idea de que los directores de los bancos tienen un mayor control sobre el input (por ejemplo, gastos en personal o inversión en activo fijo) que sobre el output (por ejemplo, préstamos o ingresos).

Una función de distancia orientada a los inputs se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$D_I(x, y) = \max_{\delta} \{\delta : (x/\delta) \in L(y)\} \quad (3.3.1.2)$$

Donde y es el vector output, x representa el vector de factores y $L(y)$ el conjunto de entrada, que define los grupos de todos los inputs, x , que se pueden usar para obtener el vector de output, y . Un valor de $D_I(x, y)$ igual a uno revela que la producción se lleva a cabo de manera eficiente, mientras que un valor de $D_I(x, y)$ mayor que uno indicará la existencia de ineficiencia técnica. Las funciones de distancia orientadas a los inputs se requieren para cumplir las siguientes propiedades teóricas (Färe y Primont, 1995): homogeneidad de grado

1 en inputs, sin aumento en outputs, cuasi-convexa en outputs, no decreciente en inputs y cóncavo en inputs.

La formulación de la función de distancia de inputs, definida en las ecuaciones (3.3.1.1) y (3.3.1.2), se puede especificar siguiendo el *True random effects model* (Greene, 2005) como:

$$D_I(x, y) = f(x, y, \delta) e^{\lambda + v} \quad (3.3.1.3)$$

donde δ es un vector de coeficientes desconocidos a estimar. El término λ representa el efecto fijo específico del banco que tiene en cuenta las características del banco que no son capturadas por las variables incluidas, y el término v es el término de perturbación aleatorio que captura el ruido estadístico, que se supone que es $iidN(0, \sigma_v^2)$.

Una forma funcional apropiada, $f(\cdot)$, en la ecuación (3.3.1.3), debería ser flexible, fácil de calcular y permitir la imposición de homogeneidad. Una forma funcional de producción comúnmente utilizada es la forma translog, que satisface los criterios anteriores y ha sido ampliamente adoptada en estudios previos (Fare et al., 1994, Coelli y Perelman, 2000)². La función de distancia translog, con M outputs y K inputs en el año t es:

$$\ln D_{lit} = \alpha_0 + \sum_{r=1}^M \beta_r \ln y_{rit} + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^M \sum_{s=1}^M \beta_{rs} \ln y_{rit} \ln y_{sit} + \sum_{j=1}^K \gamma_j \ln x_{jit} +$$

² La forma de Cobb-Douglas es la forma funcional alternativa que satisface solo los dos últimos criterios, debido a la elasticidad restrictiva de la sustitución y la propiedad de la escala. Este estudio utilizó la prueba de razón de verosimilitud (LR) para identificar si la forma funcional Cobb-Douglas, o la especificación translog, era la más adecuada.

$$\frac{1}{2} \sum_{j=1}^K \sum_{h=1}^K \gamma_{jh} \ln x_{jit} \ln x_{hit} + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^M \sum_{j=1}^K \rho_{rj} \ln y_{rit} \ln x_{jit} + \lambda_i + v_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad y \quad t = 1, \dots, T \quad (3.3.1.4)$$

donde D_i es la función de distancia orientada a entrada, y es el vector de salida r , x es el vector de entrada j , i se relaciona con el banco y t se relaciona con el período de tiempo, y $\alpha_0, \beta_r, \beta_{rs}, \gamma_j, \gamma_{jh}, \rho_{rj}$, son parámetros a estimar. Finalmente, en línea con el trabajo de Aigner et al. (1977), se puede suponer que v_{it} es un término de error simétrico, *iid* con una media cero que representa una variable aleatoria que no puede ser controlada por el operador.

La restricción de la homogeneidad de grado 1 en los inputs requiere:

$$\sum_{j=1}^K \gamma_j = 1, \quad \sum_{h=1}^K \gamma_{jh} = 0, \quad \sum_{j=1}^K \rho_{rj} = 0, \quad (j = 1, \dots, K), \quad (r = 1, \dots, M) \quad (3.3.1.5)$$

La simetría se da si los coeficientes de segundo orden cumplen:

$$\beta_{rs} = \beta_{sr}, \quad \gamma_{jh} = \gamma_{hj}, \quad (r, s = 1, \dots, M), \quad (j, h = 1, \dots, K) \quad (3.3.1.6)$$

La función de distancia de inputs (3.3.1.4) se transforma en un modelo econométrico que puede estimarse mediante técnicas de análisis de fronteras estocásticas. La imposición de homogeneidad al reducir los inputs K-1 por el input K-h conduce a:

$$\ln D_{lit} - \ln x_{Kit} = \lambda_i + g[(\ln x_{kit} - \ln x_{Kit}), y_{rit}, C_{1t}, C_{1t}] + v_{it} \quad (3.3.1.7)$$

Donde $g(\cdot)$ representa la forma funcional translog. Para estimar la función de distancia de inputs, esta expresión se reorganiza como:

$$-\ln x_{Kit} = \lambda_i + g[(\ln x_{kit} - \ln x_{Kit}), y_{rit}, C_{1t}, C_{1t}] + v_{it} - u_{it} \quad (3.3.1.8)$$

Donde $u_{it} = \ln D_{lit}$. El parámetro u_{it} sigue una distribución normal truncada no negativa ($u_{it} \sim iid N^+(\mu, \sigma_u^2)$). Se supone que el efecto fijo específico del banco λ_i ingresa la media del término de ineficiencia, μ_{it} , del i -th PA en la t -th observación (Belotti et al., 2012), que se define como una función de los períodos reglamentarios:

$$-\mu_{it} = (\lambda_i + \delta_0) + \delta_1 Brexit + \omega_{it} \quad (3.3.1.9)$$

En (3.3.1.9) el parámetro de perturbación ω_{it} representa una variable aleatoria ($\omega_{it} \sim N(0, \sigma_\omega^2)$), pero no necesariamente distribuida de idéntica forma.

La expectativa condicional de u_{it} se usa para obtener el valor predicho de la ineficiencia de los bancos (Jondrow et al., 1982):

$$\hat{u}_{it} = E[\exp(-u_{it}) | \varepsilon_{it}] \quad (3.3.1.10)$$

donde $\varepsilon_{it} = v_{it} + u_{it}$. Las ecuaciones (3.3.1.8) y (3.3.1.9) se pueden estimar, usando un procedimiento de un solo paso, por el método de máxima verosimilitud (Coelli y Perelman, 2000).

3.3.2 Estimación por técnicas no paramétricas

Basado en el trabajo de Farrell (1957), Charnes, Cooper y Rhodes (1978) dan forma a la metodología DEA para medir el rendimiento relativo de un conjunto de unidades organizacionales similares (DMU) que, en este trabajo, corresponde a los bancos.

La metodología DEA se puede usar para obtener eficiencia técnica y de escala, y para determinar la naturaleza de los retornos a escala. Además, se puede usar para medir el rendimiento relativo de las unidades organizativas donde hay presencia de múltiples inputs y outputs. Una empresa es técnicamente ineficiente si la producción se produce dentro de este conjunto de producción. La ineficiencia de una DMU se mide por la distancia desde el punto que representa los valores de input y output observados hasta la frontera de producción. Una descripción de la metodología DEA se explica en Mantri (2008).

El DEA puede ser de orientación output o input. Por un lado, un modelo está orientado al output cuando la medida de la eficiencia es la distancia entre el mínimo posible input observado para unos outputs determinados, y, por otro lado, está orientada al output cuando se trata de determinar los máximos outputs posibles según los niveles de inputs dados.

Por lo tanto, para el j-ésimo banco de n bancos, la eficiencia técnica orientada al input, con rendimientos de escala constante (CRS) se obtiene resolviendo el siguiente problema de programación lineal:

$$\min_{\theta_j^{CRS} \lambda} \theta_j^{CRS} \quad \text{subject to : } \theta X_j \geq X\lambda; Y_j \leq Y\lambda; \lambda \geq 0 \quad (3.3.2.1)$$

Donde X and Y son los vectores input y output, respectivamente, $\phi_j^{CRS} = 1/\theta_j^{CRS}$ es la técnica eficiente (TE) del banco j bajo CRS y λ es un vector con n x 1 ponderaciones. Los pesos no negativos λ miden la contribución de los bancos eficientes seleccionados para definir un punto de referencia para el ineficiente banco j-ésimo. En general, $0 \leq \phi_j^{CRS} \leq 1$, donde $\phi_j^{CRS} = 1$ si el banco está produciendo en la frontera de producción y, por lo tanto, es técnicamente eficiente. Cuando $\phi_j^{CRS} < 1$, el banco es técnicamente ineficiente. En el caso de

los rendimientos variables a escala, uno puede encontrar la eficiencia técnica

ϕ_j^{VRS} al agregar la restricción de convexidad $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ (Banker et al., 1984).

Debido a que las distancias son los puntos de eficiencia técnica de los modelos CRS-DEA y VRS-DEA, la eficiencia de escala (SE) se puede obtener fácilmente por la relación de puntos de eficiencia técnica de las especificaciones CRS-DEA y VRS-DEA (Coelli, 2005).

Aplicamos el enfoque suavizado de *bootstrap* homogéneo con 2000 iteraciones para superar el problema potencial de resultados sesgados en nuestras regresiones de segunda etapa (para ver en profundidad consultar (Simar y Wilson, 2000; Simar y Wilson, 2008)).

3.3.3 Análisis de regresión de Simar-Wilson (2007)

En la segunda etapa, los valores de eficiencia estimados en la etapa uno, tienen una regresión en algunas variables exógenas relevantes no incluidas en el análisis DEA. Una ventaja de los enfoques de segunda etapa es que las variables explicativas no se incluyen en la primera etapa del análisis y, por lo tanto, no afectan el poder discriminatorio de los procedimientos de la primera etapa.

Simar y Wilson (2007) describen un proceso de generación de datos en el cual los métodos de dos pasos son consistentes. Siguiendo el enfoque de Simar y Wilson (2007), el trabajo asume y prueba la siguiente especificación de regresión:

$$\phi_j^{VRS} = a + z_j \delta + \varepsilon_j \quad (3.3.3.1)$$

que se puede entender como la aproximación de primer orden de la relación verdadera desconocida. En la ecuación (3.3.3.1), a es el término constante, ε_j es el término de error, y z_j es un (fila) vector de variables específicas de

observación para DMU_j que esperamos esté relacionado con el coeficiente de eficiencia de DMU, ϕ_j^{VRS} .

En base a una regresión truncada con un doble procedimiento de arranque (bootstrapping), el enfoque de Simar y Wilson (2007) supone que la distribución de ε_j es normal truncada con media cero, varianza desconocida y punto de truncamiento (izquierdo) determinados por esta misma condición.

En la ecuación (3.3.3.1) se estima maximizando la función de verosimilitud correspondiente con respecto a los parámetros δ y la varianza del término error.

Como variable explicativa de la eficiencia bancaria se ha tomado la variable *Brexit*, que toma valor uno cuando el banco es británico y a partir del referendun, es decir, para el año 2016, y valor 0 para los bancos británicos y de Irlanda en los años 2007 – 2015.

3.4 Datos

La fuente de datos es *BankScope* elaborada por *Bureau van Dijk*., fuente perteneciente a la agencia de calificación *Moody's*, si bien se ha hecho un exhaustivo y minucioso trabajo de comprobación y corrección de datos, y a su vez, añadido diversos bancos y las variables de préstamos y depósitos para cada observación, revisando las cuentas anuales de cada banco. Para ello se han usado la página corporativa de cada entidad y la web *Companies House* (2018), que facilita información relativa a las cuentas de las empresas.

Para realizar esta estimación se han tomado las variables input y output de los 56 principales bancos de Reino Unido y la República de Irlanda, variables basadas en la metodología existente citada anteriormente. En concreto se trata de 42 de Inglaterra, 6 de Escocia, 2 de Irlanda del Norte, 1 de Gales y 5 bancos de la República de Irlanda, ésta última perteneciente a la Unión Europea y a la moneda única *euro*.

El periodo de años escogido es de 10 años, desde el 2007 al 2016, destacando que el referéndum a favor de la salida del Reino Unido de la Unión Europea se llevó a cabo el 23 de junio de 2016.

La Tabla 9 muestra los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el análisis de regresión. Todas las variables monetarias se expresan en millones de euros y en 2007 en términos reales deflactando por el índice de deflactor del IPC (tabla 10).

Tabla 9. Resumen de los estadísticos de las variables input-output

	Variables	Definición y Unidades			
Outputs	Ingresos	Ingresos totales (intereses, comisiones y otros ingresos financieros y operativos)			
	Préstamos	Cantidad total de préstamos y créditos a clientes			
Inputs	Número de empleados	Cantidad de empleados totales			
	Activo fijo	Propiedad y equipamiento			
	Depósitos	Depósitos y cuentas de los clientes			
	Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Outputs	Ingresos	0.22	85,459.25	7,366.31	16,038.66
	Préstamos	0.22	1,127,570.00	86,871.24	182,522.60
Inputs	Número de empleados	17.00	331,458.00	22,558.20	53,504.70
	Activo fijo	0.01	20,889.44	1,053.84	2,642.75
	Depósitos	5.19	1,039,535.00	84,266.52	183,328.30

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que el importe máximo de préstamos y de activo fijo corresponde a la entidad *The Royal Bank of Scotland Group (RBS)*, así como el número máximo de empleados y volumen de depósitos a *HSBC Holdings*. Por otro lado, el mayor volumen de ingresos es de *Lloyds Banking Group*, esto se explica debido a la dimensión de estas entidades, ya que son grandes holdings con presencia en todo el mundo y su sede principal en Reino Unido.

Hay que subrayar también que el número mínimo de todas las variables es bastante bajo con respecto a la media y esto se debe a que se han analizado, además de entidades pequeñas, bancos de inversión o divisiones de banca privada, que poseen una estructura diferente, como por ejemplo *Lloyds Bank Private Banking Limited*, *R. Raphael & Sons PLC*, *Aldermore Bank PLC*, *Scotiabank Europe PLC* o *Julian Hodge Bank Limited*.

El deflactor se obtiene de las cifras oficiales publicadas periódicamente por el Banco Mundial (BM) siendo un índice con base en el año 2007. Los valores del índice del deflactor son los observados en la Tabla 10.

Tabla 10. Deflactor

Año	Reino Unido	Irlanda
2007	1	1
2008	1,028223876	0,991111458
2009	1,043866237	0,941452215
2010	1,060256046	0,911124319
2011	1,081579438	0,907712777
2012	1,098489577	0,926489458
2013	1,119402525	0,936146843
2014	1,138604186	0,932422445
2015	1,143799319	1,000303109
2016	1,166381837	1,000510496

Fuente: elaboración propia a partir de BM

La Tabla 11 muestra la variable incluida como determinante de eficiencia y el signo esperado para cada variable. La variable explicativa de eficiencia bancaria *Brexit* toma valor 1 cuando el banco pertenece a Reino Unido y para el año 2016.

Tabla 11. Variables explicativas de eficiencia

Variable	Tipo de vble.	Medición	Fuente	Signo esperado
<i>Brexit</i>	Dummy	1=Bancos británicos en el año 2016, 0=bancos británicos e Irlanda resto de años	Elaboración propia	Negativo

Fuente: elaboración propia

3.5 Resultados del análisis de eficiencia

3.5.1 Estimación SFA

Se ha estimado empíricamente la función de distancia input-orientada aplicando los métodos de máxima verosimilitud. Los resultados que se presentan en la Tabla 12 muestran a la derecha los errores estándar.

Como se puede observar, todos los coeficientes de primer orden fueron estadísticamente significativos y tienen el signo correcto. Los parámetros de las variables input son positivos y, por lo tanto, indican que la distancia desde la frontera disminuye cuando disminuye el input. Esto implica que la función de distancia estimada cumple con todas las propiedades teóricas esperadas.

Se observa que entre los inputs el número de empleados es la variable más influyente, con una elasticidad estimada del 0.63%. Por tanto, en caso de que se aumentase en un 1% el número de trabajadores, el output aumentaría en un 0.63 %. En cambio, ante aumentos porcentuales en los depósitos, el output se incrementaría en un 0.295 %.

Con respecto a los outputs, la variable préstamos es la variable con la elasticidad más alta en el modelo (0.36%) lo que indica que los bancos están más orientados a este producto.

Por otro lado, el producto cruzado de las variables input es negativo, por lo que el nº de empleados y los depósitos son factores sustitutivos, es decir, ante un

aumento en los empleados se requieren menos importe de depósitos para obtener un mismo nivel de output.

Además, se puede observar que la suma de los coeficientes de input de primer orden es menor que 1 (0.92) en valor absoluto, lo que indica la presencia de rendimientos decrecientes a escala, tal y como sugirió Miller (1996) para los bancos de mayor tamaño de EE. UU. o Jiang (2009) para el sector bancario chino.

Tabla 12. Estimación SFA (periodo 2007-2016)

Variable	Parámetro		Coefic.	Error Estd.
$\ln(y_1)$	β_1	-	0.327	(0.029)***
$\ln(y_2)$	β_2	-	0.360	(0.029)***
$\ln(x_1)$	γ_1		0.630	(0.029)***
$\ln(x_2)$	γ_2		0.295	(0.027)***
$\ln(y_1) \ln(y_1)$	β_{11}		0.018	(0.013)
$\ln(y_2) \ln(y_2)$	β_{22}	-	0.050	(0.008)***
$\ln(x_1) \ln(x_1)$	γ_{11}		0.219	(0.029)***
$\ln(x_2) \ln(x_2)$	γ_{22}		0.109	(0.012)***
$\ln(y_1) \ln(y_2)$	β_{12}		0.019	(0.008)**
$\ln(y_1) \ln(x_1)$	ρ_{11}		0.065	(0.021)***
$\ln(y_1) \ln(x_2)$	ρ_{12}	-	0.045	(0.014)***
$\ln(y_2) \ln(x_1)$	ρ_{12}		0.018	(0.015)
$\ln(y_2) \ln(x_2)$	ρ_{22}	-	0.018	(0.012)
$\ln(x_1) \ln(x_2)$	ρ_{22}	-	0.134	(0.018)***
Constante	α_0	-	3.236	(0.040)***
<i>Brexit</i>	δ_1		67.644	(31.23)**
Constante	δ_0	-	135.678	(4.414)***
Sigma ²	$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$		3.79	(0.010)***
gamma	$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$		0.95	
Número de observaciones			532	
Número de bancos			56	
Log-likelihood funtion			- 45.56	

Notas: Códigos de significación: 0.01 '***', 0.05 '**', 0.10 '*'.

Fuente: elaboración propia

El parámetro γ se encuentra entre cero y uno e indica la importancia del término de ineficiencia. Si γ es cero, el término de ineficiencia u es irrelevante. Por el contrario, si γ es uno, el término de ruido v es irrelevante, la ineficiencia técnica explica todas las desviaciones de la frontera de producción.

En este caso la estimación de γ nos dice que el 95 % de la desviación es debido a la ineficiencia u y el 5 % al componente aleatorio v , por tanto, el término de

ruido estadístico apenas tiene influencia a la hora de explicar las diferencias de la función de distancia y depende principalmente de la ineficiencia técnica.

La variable *Brexit* tiene coeficiente positivo y es estadísticamente significativo lo que indica efectos negativos en la eficiencia técnica, y, por lo tanto, podemos concluir que las expectativas provocadas por el referéndum (efecto del *Brexit*) han tenido un impacto perjudicial en la eficiencia bancaria de Reino Unido.

Los resultados se obtuvieron mediante un modelo orientado al input, que supone que los gerentes no pueden influir en el nivel de ingresos o préstamos a corto plazo. En consecuencia, se debe enfocar la atención en aumentar los niveles de eficiencia reduciendo el gasto en empleados, la inversión en activo fijo y el volumen de depósitos.

El signo negativo de la variable *Brexit* indica que los bancos de Reino Unido en el año 2016 tienen una menor eficiencia técnica general y pura, en comparación con el resto de bancos para el periodo 2007- 2015.

El índice de eficiencia medio para toda la muestra es relativamente alto (73%). Comparando el sector bancario de Reino Unido y de Irlanda a lo largo del periodo considerado (2007-2016) se observa un mayor índice de eficiencia de la banca irlandesa en todos los años. Asimismo, se observa un mayor impacto del *Brexit* en la banca británica (Gráfico 12).

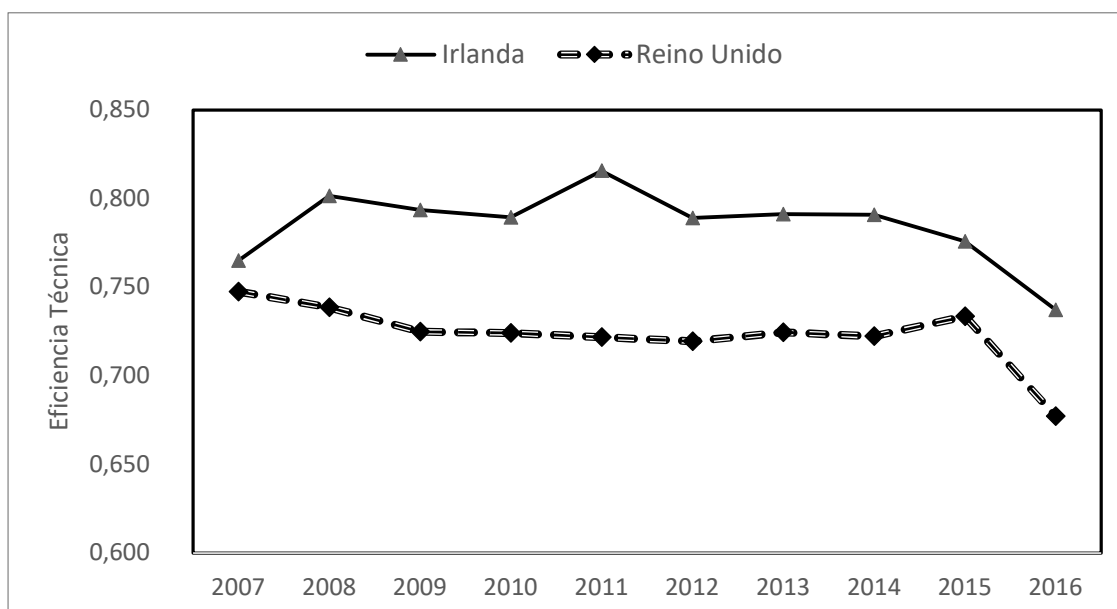
La Tabla 13 muestra la eficiencia técnica de los bancos, que se estima en un promedio del 73%. Los bancos de Irlanda fueron, en promedio, un 5 por ciento más eficientes que el resto de bancos de Reino Unido durante el período 2007-2016.

Tabla 13. Eficiencia media Reino Unido e Irlanda

Años	Irlanda	UK	Media por año
2007	0,765	0,747	0,749
2008	0,802	0,739	0,745
2009	0,794	0,725	0,732
2010	0,789	0,724	0,730
2011	0,816	0,722	0,730
2012	0,789	0,719	0,726
2013	0,791	0,724	0,730
2014	0,791	0,722	0,728
2015	0,776	0,734	0,737
2016	0,737	0,677	0,682
Eficiencia media	0,73	0,68	0,73

Fuente: elaboración propia

Gráfico 12. Evolución eficiencia técnica sector bancario de Irlanda y Reino Unido durante el periodo (2007-2016)



Fuente: elaboración propia

Se observa un descenso muy claro de la eficiencia técnica media tanto para los bancos británicos como irlandeses en el año 2016, lo que puede ser debido al acontecimiento del referéndum a favor de la salida de la UE llevado a cabo en junio de 2016, y que ha provocado unas expectativas que han afectado a la economía y a la eficiencia bancaria que ha estudiado este trabajo.

Además, el sector bancario de Irlanda, como país limítrofe, también se ve afectado por el proceso de salida iniciado por Reino Unido.

No se tiene conocimiento de lo que sucede con anterioridad al año 2007, si bien la banca parece no recuperarse de la crisis. Como se puede deducir de todas las noticias recientes, reestructuraciones, recortes de personal y cierre de sucursales, evidencian una falta de recuperación. Como ejemplo, el caso de intervención y resolución de Banco Popular por parte del BCE y venta por un euro al Banco Santander ante la falta de liquidez. Como se refleja en la evolución del gráfico 12 para el caso británico e irlandés, la tendencia del sector bancario se muestra estable hasta el momento del referéndum.

A conocimiento del autor, este es el primer trabajo que estima un proceso desintegrador sobre la eficiencia bancaria. Anteriormente se ha estudiado el proceso integrador, obteniendo evidencia de efectos positivos en la eficiencia (Delis et al., 2009; Brissimis et al., 2010; Fiordelisi et al., 2011; Gallizo et al., 2015, Fernández et al., 2020).

3.5.2 Estimación DEA

Una vez se han estimado los índices de eficiencia por DEA, la Tabla 14 muestra la estimación del efecto del *Brexit* sobre la eficiencia de la muestra de 56 bancos siguiendo el modelo de Simar y Wilson (2007). Se proporcionan índices para la eficiencia técnica general, la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala como dependientes. La regresión truncada con un modelo bootstrap no refleja coeficientes significativos, aunque proporciona el signo esperado. Los parámetros con un signo positivo revelan una relación positiva entre la variable explicativa correspondiente y la variable dependiente. Aunque no es significativo en ninguno de los casos, en la estimación de la eficiencia general se observa un

mayor estadístico z, lo que indica que está más cerca de ser significativa esta estimación.

Tabla 14. Parámetros estimados por el modelo de regresión de Simar-Wilson

Factores explicativos	Eficiencia técnica general - resultados constantes a escala- (estadístico z)	Eficiencia técnica pura - resultados variables a escala- (estadístico z)	Eficiencia de escala - economías de escala- (estadístico z)
<i>Brexit</i>	-0.0315 -1.26	-0.0061 -0.42	0.0357 0.04

Fuente: elaboración propia

3.6. Conclusiones

Utilizando un modelo de función de distancia estocástica, este trabajo ha estimado la eficiencia técnica de una muestra de 56 bancos de Reino Unido e Irlanda para el período 2007-2016. Este período muestral es de especial interés para analizar las posibles consecuencias de la salida de Reino Unido de la Unión Europea.

A conocimiento del autor, este es el primer trabajo que estima un proceso desintegrador sobre la eficiencia bancaria. Anteriormente se ha estudiado el proceso integrador, obteniendo evidencia de efectos positivos en la eficiencia (Delis et al., 2009; Brissimis et al., 2010; Fiordelisi et al., 2011; Gallizo et al., 2015; Fernández et al., 2020).

La eficiencia promedio estimada es de 73%, siendo los bancos pertenecientes a Irlanda más eficientes en comparación con los bancos de Reino Unido.

A través de la función de distancia input-orientada, se concluye que los empleados es la variable input con más influencia en los costes, con una

elasticidad estimada del 0.63%, mientras que los préstamos es el output con la elasticidad más alta en el modelo (0.36%).

Se ha obtenido evidencia de rendimientos decrecientes a escala, en coincidencia con investigaciones como la de Miller (1996) para los bancos de mayor tamaño de EE. UU. y Jiang (2009) en el sector bancario chino.

La estimación del parámetro γ muestra que la ineficiencia técnica es muy relevante (95%) y explica en mayor medida las desviaciones de la frontera de producción, mientras que el componente aleatorio “ruido” apenas tiene influencia en el modelo.

La estimación DEA no refleja coeficientes significativos, aunque proporciona el signo esperado. Los parámetros con un signo positivo revelan una relación positiva entre la variable explicativa correspondiente y la variable dependiente. Aunque no es significativo en ninguno de los casos, en la estimación de la eficiencia general se observa un mayor estadístico z , lo que indica que está más cerca de ser significativa esta estimación.

Utilizando métodos estocásticos de frontera, este documento evalúa el efecto del *Brexit* en la eficiencia bancaria. Para este fin, se ha estimado un modelo de distancia input-orientada para una muestra de cincuenta y seis bancos de Reino Unido e Irlanda durante el período 2007-2016. Según las evidencias podemos concluir que las expectativas provocadas por el referéndum (efecto del *Brexit*) han tenido un impacto negativo en la eficiencia bancaria de Reino Unido. Este trabajo contribuye a la literatura al demostrar que un probable proceso de desintegración de un país perteneciente a una unión comercial y financiera influye en la eficiencia bancaria de ese país.

Referencias

Aigner, D., Lovell, C. K., y Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.

Alessandri, P., y Haldane, A. G. (2009). *Banking on the State* (Vol. 6). London: Bank of England.

Avkiran, N. K. (2009). Opening the black box of efficiency analysis: An illustration with UAE banks. *Omega*, 37(4), 930-941

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), 325-332.

Banco Central Europeo (2018).

https://www.ecb.europa.eu/stats/ecb_statistics/html/index.en.html

Banco de España (2018). Un análisis de la exposición comercial de las empresas españolas al Reino Unido.

<https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/ArticulosAnaliticos/2018/T2/Fich/beaa1802-art13.pdf>

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), 1078-1092.

BBC (2016). <http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-36616058>

Banker, R. D., y Natarajan, R. (2008). Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. *Operations research*, 56(1), 48-58.

Beccalli, E., Casu, B., & Girardone, C. (2006). Efficiency and stock performance in European banking. *Journal of Business Finance & Accounting*, 33(1-2), 245-262.

Bell, S., y Hindmoor, A. (2017). Structural power and the politics of bank capital regulation in the United Kingdom. *Political studies*, 65(1), 103-121.

Belotti, F., Daidone, S., Ilardi, G., y Atella, V. (2012). Stochastic frontier analysis using Stata. *Stata J.*, 13 (2012), pp. 718-758.

Berger, A. N., Hanweck, G. A., y Humphrey, D. B. (1987). Competitive viability in banking: Scale, scope, and product mix economies. *Journal of monetary economics*, 20(3), 501-520.

Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1991). The dominance of inefficiencies over scale and product mix economies in banking. *Journal of Monetary Economics*, 28(1), 117-148.

Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1992). Measurement and efficiency issues in commercial banking. In *Output measurement in the service sectors* (pp. 245-300). University of Chicago Press.

Berger, A. N., y Humphrey, D. B. (1997). Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research. *European journal of operational research*, 98(2), 175-212.

Berger, A. N. (2003). The economic effects of technological progress: Evidence from the banking industry. *Journal of Money, credit, and Banking*, 35(2), 141-176.

Berger, A. N. (2007). International comparisons of banking efficiency. *Financial Markets, Institutions y Instruments*, 16(3), 119-144.

Brissimis, S. N., Delis, M. D., y Tsionas, E. G. (2010). Technical and allocative efficiency in European banking. *European Journal of Operational Research*, 204(1), 153-163.

Casu, B., y Molyneux, P. (2003). A comparative study of efficiency in European banking. *Applied Economics*, 35(17), 1865-1876.

Casu, B., Girardone, C., y Molyneux, P. (2004). Productivity change in European banking: A comparison of parametric and non-parametric approaches. *Journal of Banking y Finance*, 28(10), 2521-2540.

Casu, B., y Girardone, C. (2006). Bank competition, concentration and efficiency in the single European market. *The Manchester School*, 74(4), 441-468.

Casu, B., y Girardone, C. (2010). Integration and efficiency convergence in EU banking markets. *Omega*, 38(5), 260-267.

Cavallo, L., y Rossi, S. P. (2001). Scale and scope economies in the European banking systems. *Journal of multinational financial management*, 11(4-5), 515-531.

Charnes, A., Cooper, W. W., y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Chen, T. Y., Chang, P. L., y Chang, H. S. (2005). Price, brand cues, and banking customer value. *International Journal of Bank Marketing*, 23(3), 273-291.

Chortareas, G. E., Girardone, C., y Ventouri, A. (2012). Bank supervision, regulation, and efficiency: Evidence from the European Union. *Journal of Financial Stability*, 8(4), 292-302.

Clarke, B., y Hardiman, N. (2012). Crisis in the Irish banking system. *Banking systems in the crisis: The faces of liberal capitalism*, 107-133.

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., y Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.

Coelli, T., y Perelman, S. (2000). Technical efficiency of European railways: a distance function approach. *Applied Economics*, 32(15), 1967-1976.

Comisión de la Unión Europea (2017). http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-3105_en.htm

Companies House (2018). <https://beta.companieshouse.gov.uk/>

Consejo de la Unión Europea (2018). <http://www.consilium.europa.eu/es/policies/banking-union/>

Cuesta, R. A., y Orea, L. (2002). Mergers and technical efficiency in Spanish savings banks: A stochastic distance function approach. *Journal of Banking & Finance*, 26(12), 2231-2247.

Delis, M. D., y Papanikolaou, N. I. (2009). Determinants of bank efficiency: evidence from a semi-parametric methodology. *Managerial Finance*, 35(3), 260-275.

Donovan, D., & Murphy, A. E. (2013). *The fall of the Celtic Tiger: Ireland and the Euro debt crisis*. OUP Oxford.

Fare, R., Rolf, F., Grosskopf, S., y Lovell, C. K. (1994). *Production frontiers*. Cambridge University Press.

Fernández, X. L., Paz-Saavedra, D., & Coto-Millán, P. (2020). The impact of Brexit on bank efficiency: Evidence from UK and Ireland. *Finance Research Letters*, 36, 101338.

Eurostat (2017).

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tec00001&language=en>

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.

Färe, R. y D. Primont. (1995). *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*.

Fethi, M. D., y Pasiouras, F. (2010). Assessing bank efficiency and performance with operational research and artificial intelligence techniques: A survey. *European journal of operational research*, 204(2), 189-198.

Fiordelisi, F. (2008). Efficiency and shareholder return in banking. *International Journal of Banking, Accounting and Finance*, 1(2), 114-132.

Fiordelisi, F., Marques-Ibanez, D., y Molyneux, P. (2011). Efficiency and risk in European banking. *Journal of Banking & Finance*, 35(5), 1315-1326.

Fujii, H., Managi, S., Matousek, R., y Rughoo, A. (2018). Bank efficiency, productivity, and convergence in EU countries: a weighted Russell directional distance model. *The European Journal of Finance*, 24(2), 135-156.

Gallizo, J. L., Moreno, J., y Salvador, M. (2015). Eficiencia bancaria en costes. ¿existe convergencia en la UE ampliada? /Cost banking efficiency. Is there convergence in the enlarged European Union? *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 44(4), 509.

Greene, W. (2005). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of productivity analysis*, 23(1), 7-32.

Havrylchyk, O. (2006). Efficiency of the Polish banking industry: Foreign versus domestic banks. *Journal of Banking y Finance*, 30(7), 1975-1996.

Isik, I., y Hassan, M. K. (2002). Technical, scale and allocative efficiencies of Turkish banking industry. *Journal of Banking & Finance*, 26(4), 719-766.

Howarth, D., y Quaglia, L. (2017). Brexit and the single European financial market. *J. Common Mkt. Stud.*, 55, 149.

Jiang, C., Yao, S., y Zhang, Z. (2009). The effects of governance changes on bank efficiency in China: A stochastic distance function approach. *China Economic Review*, 20(4), 717-731.

Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., y Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of econometrics*, 19(2-3), 233-238.

Keynes, J.M., (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Nueva York: Harcourt and Brace.

Lozano-Vivas, A., Pastor, J. T., y Pastor, J. M. (2002). An efficiency comparison of European banking systems operating under different environmental conditions. *Journal of Productivity Analysis*, 18(1), 59-77.

Kirby, S., Carreras, O., Piggott, R., Warren, J., Kara, A., Lenoel, C., ... y Armstrong, A. (2017). Prospects for the UK economy. *National Institute Economic Review*, (240), F14-F49.

Mantri, J. K. (2008). *Research methodology on data envelopment analysis (DEA)*. Universal-Publishers.

Maudos, J., Pastor, J. M., Pérez, F., y Quesada, J. (2002). Cost and profit efficiency in European banks. *Journal of international financial markets, institutions and money*, 12(1), 33-58.

Maudos, J., y Pastor, J. M. (2003). Cost and profit efficiency in the Spanish banking sector (1985–1996): a non-parametric approach. *Applied Financial Economics*, 13(1), 1-12.

Miller, S. M., y Noulas, A. G. (1996). The technical efficiency of large bank production. *Journal of Banking & Finance*, 20(3), 495-509.

Mugge, D. (2010). Widen the market, narrow the competition: banker interests and the making of a European capital market. ECPR Press

Parlamento Europeo (2018).

http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/es/displayFtu.html?ftuId=FTU_2.6.13.html

Pasiouras, F. (2008). Estimating the technical and scale efficiency of Greek commercial banks: the impact of credit risk, off-balance sheet activities, and international operations. *Research in International Business and Finance*, 22(3), 301-318.

Pastor, J. M. (2002). Credit risk and efficiency in the European banking system: A three-stage analysis. *Applied Financial Economics*, 12(12), 895-911.

Posner, E., & Véron, N. (2010). The EU and financial regulation: power without purpose? *Journal of European Public Policy*, 17(3), 400-415.

Público (2017) <http://www.publico.es/economia/bancos-ue-han-reducido-exposicion-reino-unido-referendum.html>

Sealey, C. W., y Lindley, J. T. (1977). Inputs, outputs, and a theory of production and cost at depository financial institutions. *The journal of finance*, 32(4), 1251-1266.

Secretaría de Estado de Comercio, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Gobierno de España (2017): Informe Económico y Comercial Reino Unido:

<http://www.comercio.gob.es/tmpDocsCanalPais/FAABB4067C28DC3FF5E3C1A2808CBE55.pdf>

Shahzad, K., Rubbaniy, G., Lensvelt, M. A. P. E., & Bhatti, T. (2019). UK's stock market reaction to Brexit process: A tale of two halves. *Economic Modelling*, 80, 275-283.

Shephard, R. W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Simar, L., y Wilson, P. W. (2000). Statistical inference in nonparametric frontier models: The state of the art. *Journal of productivity analysis*, 13(1), 49-78.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, 136(1), 31-64.

Simar, L., y Wilson, P. W. (2008). Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives. *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, 421-521.

Tata, F. (2018). Client-proximity-based spatial clustering of European corporate and investment banking after a hard Brexit. *Finance Research Letters*, 27, 241-246.

Yeandle, M., Wardle, M., & Mainelli, M. (2019). *The Global Financial Centres Index 25*.

Wang, H. J., y Schmidt, P. (2002). One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels. *Journal of Productivity Analysis*, 18(2), 129-144.

Wang, H. J. (2002). Heteroscedasticity and non-monotonic efficiency effects of a stochastic frontier model. *Journal of Productivity Analysis*, 18(3), 241-253.

Weill, L. (2004a). Measuring cost efficiency in European banking: A comparison of frontier techniques. *Journal of Productivity Analysis*, 21, 133-152.

Weill, L. (2004b). On the relationship between competition and efficiency in the EU banking sectors. *Kredit und Kapital*, 329-352.

Weill, L. (2009). Convergence in banking efficiency across European countries. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 19(5), 818-833.

4. INFLUENCE OF *BREXIT* ON THE EFFICIENCY OF THE MAIN GLOBAL FINANCIAL CENTRES

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo evaluar la eficiencia de los dos principales Centros Financieros Globales (Nueva York y Londres) en el contexto de la salida del Reino Unido de la Unión Europea. Primero, utilizando modelos de dos etapas (Meta Frontier-DEA, y el método bootstrapping propuesto por Simar y Wilson, 2007), se estima la eficiencia financiera de 70 bancos ubicados en los principales Centros Financieros Globales durante el período (2007-2019). Posteriormente, en la segunda etapa, se analiza el efecto de la crisis del *Brexit* sobre la eficiencia bancaria y se comparan los resultados de los periodos pre-*Brexit* y post-*Brexit*.

La primera etapa del análisis sugiere que los bancos con sede en Londres tienen un rendimiento mayor que los bancos con sede en Nueva York en términos de eficiencia Meta-frontera. Sin embargo, la evolución temporal de la eficiencia en los dos principales centros financieros mundiales muestra un comportamiento asimétrico. Así, desde la crisis financiera mundial, los niveles de eficiencia han crecido en Nueva York, mientras que en el caso de Londres muestran un comportamiento contrario. Además, los resultados de la segunda etapa muestran que la crisis del *Brexit* acentúa esta tendencia.

Palabras-clave: (B) *OR en la banca, Eficiencia; Centros Financieros Globales; brexit; DEA*

Abstract: This work aims to evaluate the efficiency of the two leading Global Financial Centres (London and New York) in the background of the withdrawal of the United Kingdom from the European Union. Using two-stage models (Meta Frontier-DEA, and the bootstrapping method proposed by Simar and Wilson, 2007), the efficiency of 70 banks located in the leading Global Financial Centres (2007-2019) is estimated. In the second stage, the outcome of the *Brexit* crisis on banking efficiency is assessed.

The first stage of the analysis suggests that London-based banks perform above New York-based banks in terms of Meta-frontier efficiency. However, the temporal evolution of the efficiency in the two main world financial centres shows an asymmetric behaviour. Thus, since the global financial crisis, efficiency levels have grown in New York, while in the case of London, they show the opposite behaviour. Moreover, the second stage results show that the *Brexit* crisis accentuates this trend.

Keywords: *(B) OR in banking, Efficiency; Global Financial Centers; Brexit; DEA*

JEL classification: F65; G15; G21

4.1 Introduction

Geographical concentration and specialization have been classic topics of study for economists. In *The Wealth of Nations*, Adam Smith (1776) introduced, for the first time, the idea that geographical specialisation increases productivity. A century later, Marshall (1890, p. 225) argues that "great are the advantages which people following the same skilled trade get from near neighbourhood to one another". The geographic concentration of metallurgy and textiles industries in the north of England inspired Marshall (1890, 1920) to develop the concept of *economies of agglomeration*. In another pioneering study, Weber (1909) identifies the critical factors of this process: proximity to natural resources and the market, labour costs and, above all, transportation costs.

Harvey (1973) and Castells (1974) link city formation processes with the broader historical movement of capitalist industry. Friedmann (1986) incorporates the *world city* hypothesis linking urbanisation with global economic processes. Sassen (1991) developed the *global city* concept, explained by the influence of the financial and services sector as a new form of organisation of economic activity. Technology and new information techniques entail modifications in urban-regional organisational processes (internationalisation, decentralisation, among others) (Castells, 1989). The *network society* (Castells, 1996) generates a new informational global and interconnected economy that changes capitalist societies (labour market and employment, culture, politics, consumption, etc.). Finally, the so-called *New Economic Geography* (Krugman, 1991; Krugman & Venables, 1995; Krugman, 1996; Fujita & Krugman, 2004) highlights the benefits of (suppliers, consumers, competitors, and investors, among others) concentration in a determined geographic area.

The financial sector is not exempt from this process of geographical agglomeration. Kindleberger (1973) studies financial agglomeration, providing certain key factors in the success of this process (economies of scale, a central location, the use of a single currency in their area of influence, proximity to the centres of political/administrative power, to a certain culture). Pryke & Lee (1995) relate financial centres with economic concepts such as economies of agglomeration and external economies of scale.

The relevance of London and New York as major global financial centres (hereinafter GFC) is based on their historical interdependence. All over the first half of the 19th century, New York gained domestic rivalry for financial dominance, due to, on the one hand, its role in commercial intermediation between Europe and the rest of the US and, on the other hand, its role as a channelling agent of the British capital towards the US economy. Thus, London and New York have been ranked as leading GFC in the literature on financial agglomeration. Kindleberger (1974) highlights the importance of London and New York as GFC and predicts that Brussels will be the main financial centre of Europe. In the same vein, Sassen (1991), Friedmann (1986) and Reed (1981 and 1989) highlight New York, London and Tokyo as the top financial cities. Castells (2006) invoke New York and London as the mega-nodes of the global network. The leadership of New York and London has been recognised by other authors such as Sassen (1999) and Wójcik (2013). However, Sassen (1999) opens the doors to incorporating new cities, anticipating that countries will further facilitate capital flows through the privatisation of assets, the abolition of rigid national controls and the standardisation of operations according to international standards.

4.1.1 *Brexit* and the London GFC

Influenced by the liberal ideas of Friedrich Hayek and Milton Friedman, Margaret Thatcher played a leading role in the expansion of London as an international financial centre. In this context, the deregulation of the United Kingdom (henceforth UK) stock market in the so-called "Big Bang" took place in 1986, propelling London to world financial centrality (Clemons & Weber, 1990; Michie, 2001; Bellringer & Michie, 2014).

The London GFC benefited from the advancement of the Single Financial Market in the nineties and, a few years later, from the establishment of the single currency in the EU (Kirby et al., 2017). Hence, foreign banks that utilized the UK license as a European passport to bring services all over the EU, have commanded investment banking business in recent years.

In 2013 David Cameron announced his intention to hold a referendum on the continuity of the UK in the European Union during the election campaign. After emerging victorious, in 2015, the already British Prime Minister transferred to the European Council a series of issues on which he demanded changes: competitiveness, sovereignty, immigration and regulations on the countries that belong to the euro and those that do not (Council of the European Union, 2019). Given the failure of the negotiations, the UK decided to hold a referendum on its continuity in the European Union. On June 23, 2016, voters in the UK decided to abandon the European Union in a referendum. The withdrawal of the United Kingdom from the European Union (called *Brexit*) formally began in 2017.

The effects of *Brexit* on the London GFC are evident in the London Stock Exchange (Schierbeck et al., 2016, Arshad et al., 2020), in the financial technology (FinTech) industry (Sohns & Wójcik, 2020), in the intra-European Union youth mobilities (Lulle, et al., 2018) or in the foreign investment (Dhingra et al., 2016). According to Lavery et al. (2019), it can also influence the growth of rivals GFC such as Frankfurt and Paris through four related axes: diversity, path dependency, territory and regulatory stability. Contrary to widespread assumption, some papers find an exceptionally resilient City. Thus, Kalaitzake (2020) studies the labour market, investments, and participation in key business markets from June 2016 to May 2020, concluding that *Brexit* has an insignificant effect on employment. Furthermore, she concludes that the London GFC has consolidated as the central location for financial FDI, FinTech financing, and attracting business. Moreover, the *City* has increased its preeminence in major infrastructure markets such as clearing, derivatives and exchange.

British entities have maintained "passport rights" until January 1, 2021. Thus, financial institutions based in the UK have been able to operate until that date without obtaining a license, regulatory approval, or setting up local branches (The Institute for Government, 2021). The premise of the passport arose in 1989 when the Second Directive on Banking Coordination (89/646 / CEE) was approved, establishing a level of harmonisation. The passport materialises one of the four freedoms protected in the Union Treaties: the free movement of services (mainly financial) (European Union, 1989).

Passport law has been a significant reason why many financial institutions have decided to establish headquarters in London (Schoenmaker, 2017; Howarth & Quaglia, 2017; Armor, 2017). From the beginning of 2021, the "passport rights" will be interchanged by an EU system known as "equivalency". The equivalency regime refers to an EU system that grants market access to financial companies if Brussels considers its internal rules to be "equivalent" or as strong as the bloc's regulations (Reuters, 2020)

The financial sector has historically been a key sector in the UK economy. According to a report prepared by the British Parliament, this sector accounts for 7% of the country's GDP. In terms of jobs, more than a million workers in the United Kingdom are related to the financial sector, monopolising London 49% of them. (UK Parliament, 2021).

The London GFC has been the main World Financial Center for the last decades. However, according to the Global Financial Center Index, the London GFC has been losing competitiveness, surpassed by the New York GFC in 2014 (Yeandle et al., 2014). The New York GFC has led the ranking for the last four years. This research work aims to shed light on the causes of this change in global financial leadership. For this, it is proposed to study whether or not the uncertainty created by the *Brexit* process has impacted the efficiency of financial entities. To do so, a two-stage procedure is applied. First, meta-frontier DEA is carried out to obtain the efficiency scores by taking into account the heterogeneity of the sample. Second, using the bootstrapping method (Simar and Wilson, 2007), the effect of *Brexit* on the performance of the two world financial leaders is assessed.

The rest of the paper is structured as follows: A review of the literature on bank efficiency is carried out in the second section. Then, the methodology and the empirical specification of the model to be estimated are presented. The fourth section defines the data and explains descriptive statistics. Results are presented in the fifth section, and the final section summarises the research conclusions.

4.2 Literature review

There is a vast scientific literature on banking efficiency. The factors that influence the efficiency of banks have received much attention. Thus, the debate has focused on both bank-specific factors (size, profitability, capitalisation, ownership, trademark, Merger and Acquisition) and economic environment factors (regulation, market concentration, financial crises and risk) (Fethi and Pasiouras, 2010; Bhatia et al., 2018; Paradi et al., 2011).

However, few studies study it concerning GFC's. Within the published scientific literature on the subject, it has been argued that the distance between the bank's headquarters and the GFCs is a critical factor for efficiency. Thus, Degl'Innocenti et al. (2017) found a negative correlation between the distance to the GFC's and the banks efficiency levels. Degl'Innocenti et al. (2018) use the Global Financial Centres Index to evaluate the commercial competitiveness and bank efficiency of 45 financial centres concluding that Western-Central Europe, Northern Europe and Asia are the most efficient banking systems. The results find a non-linear and positive correlation between the competitiveness of financial centres, banking stability, and the levels of innovation. Therefore, the stability of these financial centres protects them against the negative implications of the GFC.

The relationship between economic *shocks* and the efficiency of the financial sector has been deeply analysed in the literature. Alzubaidi & Bougheas (2012) calculate various measures of efficiency using the non-parametric data envelopment approach (DEA) for a sample of 255 European Union banks over the period 2005 to 2010 and find lower efficiency during this period. The results also indicate that the crisis had a different impact between countries and bank specialisations. Chortareas et al. (2013) estimate DEA efficiency scores for banks located in 27 European countries over the 2001 to 2009 period and found a strong positive relationship between economic freedom and bank efficiency levels. Thus, banks located in countries which high financial freedom levels outperform in cost-efficiency levels. By analysing 783 commercial banks over the 2004-2010 period Andries & Ursu (2016) find a negative impact on the cost and benefits efficiencies of the commercial banks in the EU, being greater for eurozone banks. Larger and publicly traded banks suffered the most in terms of efficiency. Curi et

al. (2015) analyse the diversification and efficiency of foreign banking before and during the financial crisis and conclude that the most efficient model of business would be based on assets, financing, and revenues. Regarding modes of organization, branches are better performance than subsidiaries before the financial crisis, while bank subsidiaries carry out better than branches during the crisis. Nevertheless, branches diversified in assets, financing and revenue take advantage of efficiency during the crisis. Analysing bank risk during the financial crisis Asmild and Zhu (2016) propose a restricted DEA to limit the use of high weights of risk and measure the efficiency of rescued and non-rescued banks in Europe.

Regarding bank performance and convergence during the financial crisis, Matousek et al. (2015) found both a decrease in efficiency and a lack of convergence after the global financial crisis in European banking. Along the same lines, Asimakopoulos et al. (2018) suggest a gradual convergence in efficiency between the banks of the centre and the periphery until 2008. However, the opposite occurs during the period of the financial crisis (2009 - 2012).

4.3 Methodology

In a financial system, efficiency can be seen as the capacity of an entity to achieve as much output as possible, given certain levels of inputs and technology. Different techniques (financial ratios, productivity index, regression analysis, etc.) have been used to estimate bank efficiency. The DEA analysis is, from afar, the most used technique (Fethi and Pasiouras, 2010).

This paper pretends to deepen the relationship between the specialisation in financial conglomerates and bank efficiency. For this, two fundamental premises are taken into account. First, the financial sector is a heterogeneous system and second, the relationship between input-output variables can be complex. Based on these premises, this paper proposes the DEA meta-frontier approach to analyse and compare the efficiency of the main GFCs. In addition, the Regression analysis will be used to study the factors that motivate this competitive relationship.

The research objectives will be carried out through an estimation in two stages. First, using the Data Envelopment Analysis (DEA), the estimation of the common frontier (meta-frontier) and the frontiers of each GFC (relatively homogenous group) will be carried out. The efficiency ranges and the meta-technology ratio will be derived in this process. Second, using the smoothing homogeneous bootstrap approach (Simar and Wilson, 2007), the causes that originate the differences in the efficiency levels obtained for each GFC will be studied.

4.3.1 DEA Meta-frontier model

DEA model was first developed by Farrell (1957) and was firstly consolidated in the method proposed by Charnes, Cooper, and Rhodes (1978). The Charnes et al. (1978) specification (DEA-CCR model) imposes three conditions on the frontier technology (constant returns-to-scale, convexity of the set of feasible input-output combinations, and strong disposability of inputs and outputs). Banker, Charnes and Cooper (1984) modify the original specification by adding an additional convexity constraint (to allow variable returns to scale). This model is known in the literature as the DEA-BBC model. The DEA-CCR model allows obtaining a measure of the *Overall Technical Efficiency* (OTE) for each th bank in the th period. The OTE is, in turn, the result of the product of two efficiency measures: the *Pure Technical Efficiency* (PTE), which is obtained from the DEA-BBC model, and arises from the optimal management practices, and the *Scale Efficiency* (SE) which arises when a company is operating on an optimal scale.

On a DEA theoretical basis, decision-making units (DMUs) operating on the same frontier share the same technology set and uses the same set of inputs. However, this premise is infrequently fulfilled (Samoilenko & Osei-Bryson, 2008) in sectors such as banking. Therefore, based on the meta-production function (Hayami, 1969 and Hayami & Ruttan, 1971), Battese and Rao. (2002), Battese et al. (2004) and O'Donnell et al. (2008) proposed a separate estimation of the frontiers of each relatively homogenous group to provide a homogenous boundary for all DMUs. Moreover, a new production frontier (meta-technology) is obtained by enveloping the frontiers of the groups.

Theoretically, let x and y represent the (non-negative) input and output sets of dimensions $(M \times 1)$ and $(N \times 1)$. Production technology is the ability to convert inputs into outputs. Let's consider each GFC a particular technology group, $K(> 1)$. The production technology (T^k) of the k th group, $k = 1, 2$ is given by:

$$T^k = \{(x^k, y^k) \in R^+ | x^k \text{ can produce } y^k\} \quad (4.3.1.1)$$

The group-specific input set (X^k) for a certain output vector y^k is defined as:

$$X^k(y^k) = \{x^k: (x^k, y^k) \in T^k\} \quad (4.3.1.2)$$

The boundaries of the input sets figure out the 'isoquants'. The group-specific output set (P^k) is determined for a specific vector of input (x^k)

$$P^k(x^k) = \{y^k: (x^k, y^k) \in T^k\} \quad (4.3.1.3)$$

The frontier is defined as the set of DMUs that produce a given output level using the minimum input level³. Hence, technology can be defined by an input distance function where the link between real production levels and frontier production levels is settled:

$$D_i^k(x^k, y^k) = \sup_{\lambda} \{\lambda > 0: (x^k/\lambda) \in X^2(y^k)\} \quad (4.3.1.4)$$

The distance function can be used to measure the efficiency levels (Shepard, 1962):

$$0 \leq TE^k(x^k, y^k) = [D_i^k(x^k, y^k)]^{-1} \leq 1 \quad (4.3.1.5)$$

Since it is presumed a sub technology collection T^k which operates under a common technical set, the meta-frontier production technology (T^{meta}) is given by:

$$T^{meta} = \{T^1 \cup T^2\} = \{(x, y) \in R^+ | x \text{ can produce } y\} \quad (4.3.1.6)$$

As meta-frontier is distinct to the group frontier, all production units have the same technical prospects to pursuit input minimisation and the technical gap between

³ The choice of an input-oriented distance function is based on the conditions in which the financial activity takes place. Banks are usually under pressure to minimize inputs while outputs depends on market conditions.

the groups can be conquered (Battese and Rao, 2002). The input-oriented meta-distance function (D^{meta}) can be expressed as:

$$D^{meta}(x, y) = \sup_{\lambda} \{ \lambda > 0: (x/\lambda) \in X^{meta}(y^{meta}) \} \quad (4.3.1.7)$$

And the Technical Efficiency based on the common frontier can be represented as:

$$0 \leq TE^{meta}(x, y) = [D^{meta}(x, y)]^{-1} \leq 1 \quad (4.3.1.8)$$

Finally, it can be easily shown that:

$$D^k(x^k, y^k) \leq D^{meta}(x, y) \quad (4.3.1.9)$$

The technology gap ratio (TGR) is presented as in Eq. (4.3.1.10). The greater the technology gap ratio, the closer the group frontier technology to the meta-frontier (Battese et al., 2004; O'Donnell et al., 2008). When the Technology gap ratio is equal to 1, the group's technology is at the meta-frontier level:

$$0 \leq TGR^k(x^k, y^k) = \frac{D^k(x^k, y^k)}{D^{meta}(x, y)} = \frac{TE^k(x^k, y^k)}{TE^{meta}(x, y)} \leq 1 \quad (4.3.1.10)$$

The efficiency of the Banks under the meta-frontier (TE^{meta}) can be decomposed into technology gap efficiency (TGR^k) and managerial efficiency (TE^k):

$$TE^{meta}(x, y) = TE^k(x^k, y^k) \times TGR^k(x^k, y^k) \quad (4.3.1.11)$$

The rearrangement of Eq. (4.3.1.11) allows for evaluating policies aimed at either technological improvements or managerial efficiency gains in the financial sector (O'Donnell et al., 2008).

The DEA-CCR model is lowered into a fit of a linear production technology at the meta-frontier. In contrast, the DEA-BCC model follows the assumption of variable returns to scale that are more flexible and are related to managerial efficiency and purely technical limits.

4.3.2 Regression analysis (Simar and Wilson 2007)

A two-stage bootstrap truncated regression procedure (Simar and Wilson, 2007) is used to analyse the effect of external explanatory factors on the GFC efficiency levels. The Simar and Wilson (2007) bootstrap procedure describes a data-

generating process under which two-step methods are consistent and allow for obtaining unbiased coefficients and valid confidence intervals. The bootstrapping is based on the basic idea of recalculating the parameter of interest. This is achieved by the approximation of the estimator's distribution via re-sampling. The recalculated parameter is the DEA efficiency score in this research. The bootstrap procedure can be used to evaluate the impact of environmental variables on efficiency levels.

The theoretical expression of such regression is given by:

$$\varphi_j = a + z_j\delta + \varepsilon_j \quad (4.3.2.1)$$

Where a is the constant term, ε_j is the error term, z_j is a vector (row) of potential covariates that are expected to be related to the DMU's efficiency score, φ .

4.4 Data analysis

The sample used in the empirical analysis includes data from 70 leading financial entities over the 2007 to 2019 period. Thirty-five banks belong to the London GFC and 35 to the New York GFC. Data was collected from the Eurostat pages, banks' public annual reports and financial statements from the official bank web pages. The data source is the *BankFocus* (2021) database. The information has been verified and expanded using the bank's public annual reports and its financial statements published on the official corporate website.

The financial sector is a type of multi-product business which makes it too complex to deal with one-dimensional perspectives. Therefore, non-financial and financial inputs and outputs are of interest for analysing the performance of banks. The variables used as proxies in bank efficiency analyses include, among others, measures of employees, fixed assets, deposits, loans and advances, interest income, non-financial income, interest expenses and other operating expenses.

Banking efficiency has been addressed in the literature following various perspectives. Sealey and Lindley (1977) propose the asset approach, which considers the bank a financial intermediary that uses employees, fixed assets,

and deposits to produce loans and other productive assets. In the value-added approach, Berger & Humphrey, (1991, 1992) considered output as what adds value to the bank (assets or liabilities). In the same vein, workers, facilities and fixed assets are considered inputs. Berger and Humphrey (1997) identify banks as financial intermediaries between savers and investors. Berger and Humphrey (1997) explain that neither the "production approach" nor the "intermediation approach" is entirely perfect since they cannot pick up precisely the double role of financial institutions as service providers and financial intermediaries. The asset approach of Sealey and Lindley (1977) and the intermediation of Berger and Humphrey (1997) are the most popular among researchers. They consider that banks are financial service intermediaries that use deposits for income-generating activities (loans and advances) and pay interest to depositors. Therefore, it seems more logical to consider the deposits as input.

As input variables, there is a certain consensus in the literature on the use of number of employees as a proxy for the labour factor (Aly et al., 1990; Ferrier & Lovell, 1990; Wu et al., 2006; Camanho & Dyson, 2008; Lotfi et al., 2010 among others), and fixed assets as a proxy for the capital factor (Schaffnit et al., 1997; Pasiouras, 2008; Paradi et al., 2011 or Chortareas et al., 2012). However, there is some controversy about considering the deposit variable in the efficiency analysis. Various researchers consider it as output variable (Aly et al., 1990; Ferrier & Lovell, 1990; Sherman and Ladino, 1995; Golany and Storbeck, 1999; Paradi & Schaffnit, 2004; Sherman and Zhu, 2006). In contrast, other publications consider deposits as input (Schaffnit et al., 1997; Isik & Hassan, 2002; Casu & Molyneux, 2003; Delis & Papanikolaou, 2009).

Income (interests, commissions, or other activities) is commonly used as an output variable (Oral and Yolalan, 1990; Yue, 1992; Al-Faraj et al., 1993; Athanassopoulos, 1997; Wu et al., 2006; Yang et al., 2010, among others).

Based on the bank efficiency literature, we have opted for fixed assets, number of employees, and deposits as input variables, and income and loans as output variables. Similar variables were also used in recent studies such as that of Chortareas et al. (2012) and (Fernandez et al., 2020).

Table 15. Summary statistics

	Variables	Definition and units
Outputs	Income	Total income (interest, commissions and other financial and operating income), USD millions
	Loans	Total amount of loans and advances to customers, USD millions
Inputs	Employees	Total number of employees
	Fixed Assets	Property and equipment, USD millions
	Deposits	Deposits and customer accounts, USD millions

GFC London

	Variables	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
Outputs	Income	0.29	68,109.26	4,404.30	11,038.28
	Loans	7.18	775,260.31	65,819.59	159,798.89
Inputs	Employees	17.00	153,800.00	12,356.72	31,343.17
	Fixed Assets	0.01	12,082.18	781.04	2,012.67
	Deposits	32.36	798,594.35	71,290.17	166,704.49

GFC New York

	Variables	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
Outputs	Income	0.01	115,627.00	7,252.43	21,395.30
	Loans	80.45	971,109.00	54,109.63	172,927.16
Inputs	Employees	6.00	409,720.00	20,381.28	64,000.79
	Fixed Assets	0.01	25,813.00	1,021.97	3,129.75
	Deposits	288.17	1,731,722.00	105,278.22	324,855.76

Source: Own elaboration

Table 15 shows the descriptive statistics of the variables used in the regression analysis. All data were deflated to 2007 prices.

To analyse the effect of *Brexit* on the banking efficiency of the two global financial leaders, we used a dummy variable (as z-variable). The *Brexit* variable takes value 1 in the 2017-2019 period and value 0 otherwise.

Table 16. Average banking efficiency for the period 2007-2019 according to GFC

Region	Overall technical efficiency (OTE)	Pure technical efficiency (PTE)	Scale efficiency (SE)
GFC London	0.49	0.58	0.85
Al Rayan Bank plc	0.22	0.34	0.67
Arbuthnot Banking Group plc	0.28	0.30	0.92
Bank Leumi (UK) plc	0.50	0.50	1.00
Bank of Beirut (UK) Ltd	0.37	0.58	0.62
Bank of China (UK) Limited	0.43	0.46	0.95
Bank of Cyprus UK Limited	0.39	0.40	0.97
Bank of Ireland (UK) plc	0.87	0.94	0.93
Barclays Bank plc	0.40	0.90	0.45
Brown Shipley & CO. Limited	0.39	0.43	0.88
C. Hoare & CO.	0.33	0.33	1.00
Citibank International Limited	0.37	0.52	0.75
Credit Suisse International	0.90	0.91	0.99
EFG Private Bank Limited	0.39	0.39	0.99
Europe Arab Bank plc	0.57	0.58	0.98
HSBC Bank plc	0.40	0.82	0.50
HSBC Private Bank (UK) Limited	0.95	0.97	0.98
ICBC Standard Bank plc	0.67	0.70	0.95
Investec Bank plc	0.37	0.46	0.80
Lloyds Bank plc	0.38	0.72	0.53
Lloyds Bank Private Banking Limited	0.30	0.31	0.98
Metro Bank plc	0.15	0.29	0.72
Morgan Stanley Bank International Limited	0.64	0.66	0.97
National Bank of Egypt (UK) Limited	0.44	0.45	0.98
National Bank of Kuwait (International) plc	0.67	0.68	0.98
Punjab National Bank (International) Limited	0.56	0.59	0.94

R. Raphael & Sons plc	0.37	0.70	0.53
RBC Europe Limited	0.53	0.56	0.94
Sainsbury's Bank plc	0.38	0.39	0.98
Santander UK plc	0.65	0.86	0.75
Schroder & CO. Limited	0.86	0.87	0.99
Scotiabank Europe plc	0.69	0.70	0.98
Standard Chartered plc	0.24	0.42	0.58
Sumitomo Mitsui Banking Corporation Europe Limited	0.40	0.44	0.91
United National Bank Limited	0.16	0.26	0.61
VTB Capital plc	0.85	0.86	0.98
GFC New York	0.36	0.46	0.86
Amalgamated Bank	0.32	0.32	1.00
American Express Company	0.50	0.95	0.53
Apple Bank for Savings	0.38	0.39	0.99
Bank Leumi USA	0.42	0.42	0.99
Bessemer Trust Company, National Association	0.61	0.62	0.99
Chemung Canal Trust Company	0.22	0.24	0.89
Citigroup Inc.	0.24	0.90	0.27
Credit Suisse (USA), Inc.	0.21	0.30	0.71
DB USA Corporation	0.26	0.54	0.58
Deutsche Bank Trust Company Americas	0.63	0.65	0.94
Dime Community Bank	0.26	0.29	0.91
Emigrant Bank	0.34	0.34	1.00
ESL Federal Credit Union	0.22	0.22	0.99
Five Star Bank	0.24	0.24	0.97
Flushing Bank	0.53	0.53	0.99
Glens Falls National Bank & Trust Company	0.22	0.23	0.93
Goldman Sachs Bank USA	0.64	0.71	0.92

Industrial and Commercial Bank of China (USA) National Association	0.37	0.42	0.87
Interaudi Bank	0.29	0.33	0.88
Israel Discount Bank of New York	0.36	0.37	0.97
JPMorgan Chase & Co	0.26	0.90	0.29
Manufacturers and Traders Trust Company	0.35	0.54	0.64
Metropolitan Commercial Bank	0.40	0.44	0.87
Mizuho Bank (USA)	0.82	0.84	0.97
Morgan Stanley	0.20	0.68	0.30
Nbt Bank, National Association	0.30	0.31	1.00
Northfield Bank	0.41	0.41	0.99
Popular Bank	0.38	0.38	0.99
Safra National Bank of New York	0.34	0.35	0.98
Signature Bank	0.51	0.58	0.90
Sterling National Bank	0.41	0.43	0.96
The Canandaigua National Bank and Trust Company	0.32	0.33	0.97
The First National Bank of Long Island	0.33	0.34	0.95
Wilmington Trust, National Association	0.49	0.55	0.92
Woori America Bank	0.35	0.38	0.91

Source: Own elaboration

Table 17. Efficiency explanatory variables

Variable	Type of vble.	Measurement	Source	Expected sign
<i>Brexit</i>	Dummy	1 = Period 2017-2019 0 = otherwise	Own elaboration	Negative

Source: Own elaboration

4.5 Results and conclusions

The meta-frontier DEA methodology allows estimating the *Overall Technical Efficiency* obtained by the DEA-CCR model and assuming constant returns-to-scale (CRS) and the *Pure Technical Efficiency* obtained by the DEA-BBC model and assuming variable returns-to-scale (VRS). In the CRS estimation, the OTE for each DMU is measured by putting together PTE (related to managerial skills) and *Scale efficiency* into one score. The SE can be obtained by dividing OTE by PTE.

The OTE, PTE, and SE scores are relative measures which range between zero (inefficient) and one (efficient). The efficiency (OTE, PTE and SE) of the 70 banks are displayed in table 16. The results are displayed according to the GFC in which they are located. Table 18 shows Technical efficiency (TE^k), Metafrontier efficiency (TE^{meta}), and technological gaps (TGR).

Table 18. Technical efficiency (TE^k), Metafrontier efficiency (TE^{meta}) and technological gaps (TGR)

Criteria	Average	Std. Dev.
All Banks		
Technical efficiency	0.64	0.24
Metafrontier efficiency	0.52	0.25
Technology Gap Ratio	0.82	0.19
GFC London		
Technical efficiency	0.62	0.26
Metafrontier efficiency	0.58	0.26
Technology Gap Ratio	0.96	0.08
GFC New York		
Technical efficiency	0.65	0.20
Metafrontier efficiency	0.46	0.23
Technology Gap Ratio	0.68	0.18

Source: Own elaboration

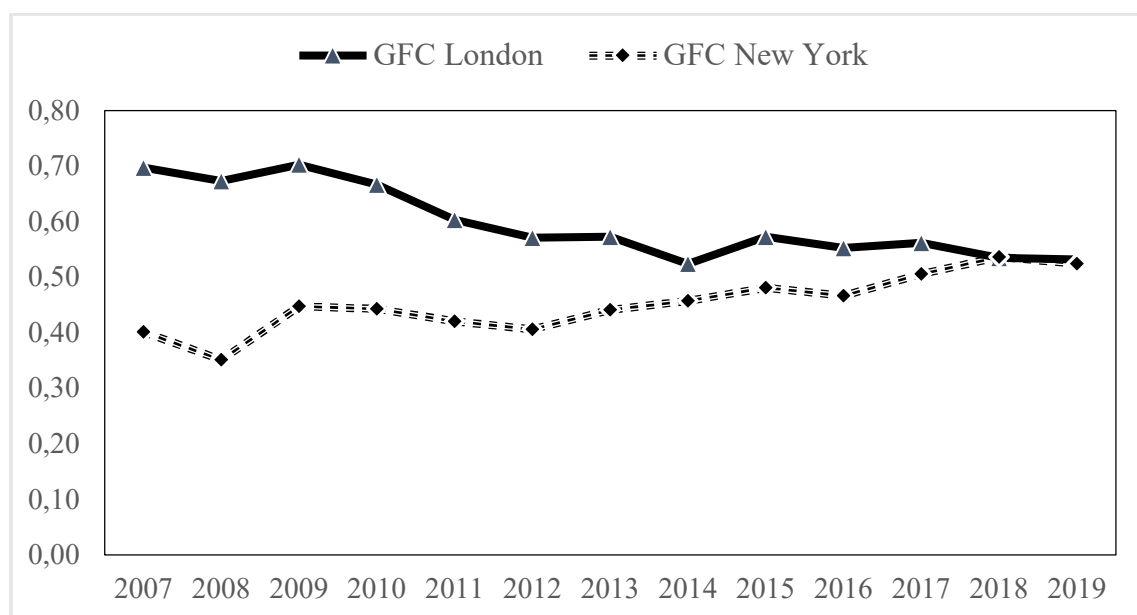
The results revealed that the average OTE for all banks throughout the period is 0.43, higher for financial institutions located in the London GFC (0.49) than those located in the New York GFC (0.36). This difference is associated with pure technical efficiency (PTE), which indicates a greater business management performance in the London GFC over the 2007-2019 period. In the case of scale efficiency (SE), the entities located in the GFC of New York perform in a slightly better business dimension.

The GFC of London is performing above the New York GFC in Metafrontier efficiency, and, therefore, it possesses the best bank utilisation technology. Furthermore, the results suggest that they require a smaller input to produce a given set of outputs than the GFC of New York.

Given the previous results, it seems reasonable to conclude that the entities located in the London GFC perform with better managerial skills. However, this first conclusion can be hasty. Analysing the evolution over time of the PTE, a

significant convergence process of the New York GFC can be observed (figure 13). Thus, between 2007 and 2019, the New York GFC reduced the gap by 30 points, reaching the London GFCs PTE levels in the last two periods (2018 and 2019). This result is highly significant as it is in line with the evolution shown by the GFC index (Mainelli, M., & Wardle, M., 2021), where the GFC of London started with an advantage in the first position of the ranking drawn up in 2007 and has been surpassed in 2017 by the GFC of New York.

Figure 13. Temporal evolution of PTE according to GFC



Source: Own elaboration

During the 2007-2019 period, we can distinguish two global financial periods. A period (2007-2012) of a global financial crisis (2007-2012) and a period (2013-2019) of global financial recovery. Table 19 shows the average year-to-year variations of the PTE of the two GFCs, distinguishing these two periods. A growing gap is observed (-0.98 vs 4.15) in the global financial recovery period.

Table 19. PTE variations by financial periods

	Global Financial Crisis 2007-2012	Recovery Period 2013-2019
GFC London	-3.62%	-0.98%
GFC New York	0.23%	4.15%

Source: Own elaboration

During the global financial recovery (2013-2019) period, movements against globalisation grow, with *Brexit* being the most significant. The *Brexit* process is stretching out over time. The debate on the UK leaving the EU gained media attention when, in 2013, David Cameron announced his intention to hold a referendum on the continuity of the UK in the European Union. In 2016 the referendum was held, winning the supporters of leaving the EU (51.9% of the votes). In 2017, the UK officially communicated its intention to leave the European Union to the European Council. The departure became effective on January 31, 2020, beginning a "transitional period". In January 2021, a "Trade and Cooperation Agreement" enters into force that regulates the new relations between the EU and the UK (Council of the European Union, 2021).

One of the main motivations of this study is to study whether or not *Brexit* has motivated this change in the global financial business leadership. To answer this question, the two-stage bootstrap truncated regression procedure (Simar and Wilson, 2007) explained in the methodology section has been used in this research. Table 20 displays the *Brexit effect* on the efficiency of both London GFC and New York GFC. The results indicate a radically different behaviour of the two global financial leaders in the *Brexit* period. Thus, there is a positive and significant impact of the *Brexit* variable on the OTE and PTE of the New York GFC, while the London GFC has a negative and not significant effect.

Table 20. Parameter estimates for the Simar-Wilson regression model (2007-2019)

London GFC		
Explanatory factors	Overall technical efficiency -constant returns to scale- (z-statistic)	Pure technical efficiency -variable returns to scale- (z-statistic)
<i>Brexit</i>	-0,014 (-0,37)	-0,035 (0,77)
Constant	0,463*** (24,12)	0,600*** (24,07)

Notes: ***, **, and *: Below the 1%, 5% and 10% statistical significance thresholds, respectively. Wald chi2 (df = 2): 0,60 (p-value of 0.439), 0,14 (p-value of 0,709)

New York GFC		
Explanatory factors	Overall technical efficiency -constant returns to scale- (z-statistic)	Pure technical efficiency -variable returns to scale- (z-statistic)
<i>Brexit</i>	0,109*** (6,68)	0,054** (2,02)
Constant	0,503*** (62,79)	0,620*** (49,32)

Notes: ***, **, and *: Below the 1%, 5% and 10% statistical significance thresholds, respectively. Wald chi2 (df = 2): 4.09 (p-value of 0.043), 4,64 (p-value of 0.000)

Several conclusions can be drawn from this study.

First, in the 2007-2019 period, the entities located in the London GFC presented higher levels of efficiency and possessed the best bank utilisation technology.

Second, there is a clear and significant convergence process in efficiency levels during the period. New York meets the ranks of management efficiency of the London GFC and exceeds it in the efficiency of scale. The convergence process intensifies in the post-Global Financial Crisis period.

Third, the uncertainty created by the *Brexit* process is contributing significantly to the shift in geographic leadership in the global financial business. The competitiveness and efficiency of the New York GFC has been increased during *Brexit*. In contrast, the London GFC has been unable to increase efficiency and competitiveness levels in a favourable global financial period.

Based on the existing table of Nurmatov (2019), the sequence of *Brexit* events is extended on the Annex 1 (UK Parliament, 2021).

ANNEX

Annex 1. *Brexit's* sequence of events

Event Date	Event Description
1. Events leading up to the EU Referendum on 23 June 2016	
12/17/2015	The European Union Referendum Act receives Royal Assent, providing
2/22/2016	The Prime Minister announces the EU referendum date – 23 June 2016.
2. Referendum – General Election	
6/23/2016	UK holds referendum on its membership of the EU, with the majority of voters choosing to leave the EU (51.9% of the vote versus 48.1% voting to remain).
6/24/2016	Prime Minister David Cameron announces his intention to resign.
7/13/2016	Theresa May becomes the new UK Prime Minister.
10/2/2016	In her Party Conference speech, Theresa May announces a 'Great Repeal Bill' and confirms Article 50 will be triggered before the end of March 2017.
11/3/2016	High Court gives its judgment in the Gina Miller case, finding in favour of the claimants. The Government announces it will appeal against the decision.
1/17/2017	Prime Minister gives her Lancaster House speech, setting out the Government's 'Plan for Britain' and the priorities that the UK will use to negotiate Brexit.
1/24/2017	Supreme Court rejects the Government's appeal of the Gina Miller case.
1/26/2017	Government publishes European Union (Notification of Withdrawal) Bill.
2/2/2017	Government publishes its Brexit White Paper, formally setting out its strategy for the UK to leave the EU.
3/16/2017	European Union (Notification of Withdrawal) Act received Royal Assent.

- 3/29/2017** Prime Minister triggers Article 50 of the Treaty on European Union.
- 3/30/2017** Government publishes the Great Repeal Bill White Paper.
- 4/18/2017** Prime Minister calls a General Election – to be held on 8 June 2017.

3. General Election – close of Phase 1

- 6/8/2017** General Election results in a hung Parliament, with the Conservatives winning the most seats and Theresa May forming a government.
- 6/19/2017** First round of UK-EU exit negotiations begin.
- 6/21/2017** State Opening of Parliament – Queen's Speech includes a 'Great Repeal Bill'.
- 7/13/2017** Government introduces the European Union (Withdrawal) Bill, commonly referred to as the 'Great Repeal Bill'.
- 9/12/2017** EU Withdrawal Bill passes Second Reading in the House of Commons.
- 9/22/2017** Prime Minister delivers her key Brexit speech in Florence, setting out the UK's position on moving the Brexit talks forward.
- 10/19-20/2017** European Council meeting to assess progress on the first phase of Brexit negotiations.
- 11/13/2017** Government outlines plans for a Withdrawal Agreement and Implementation Bill.
- 12/8/2017** UK and EU publish a Joint Report on progress made during Phase 1 of negotiations. This concludes Phase 1 of negotiations and both sides move to Phase 2.

4. Close of Phase 1 – EU (Withdrawal) Act becomes law

- 12/11/2017** Prime Minister updates Parliament on Brexit negotiations.
- 1/18/2018** The European Union (Withdrawal) Bill has its First Reading in the House of Lords.
- 3/2/2018** Prime Minister gives a speech at Mansion House on the UK's future economic partnership with the European Union.

3/14/2018	The European Parliament endorses a resolution laying out a possible association agreement framework for future EU-UK relations after Brexit.
3/19/2018	The amended Draft Withdrawal Agreement is published.
5/16/2018	The European Union (Withdrawal) Bill finishes its House of Lords stages and goes into parliamentary ping pong
6/26/2018	The European Union (Withdrawal) Bill receives Royal Assent and becomes an Act of Parliament

5. EU (Withdrawal) Act becomes law – the ‘Meaningful Vote’

6/26/2018	The European Union (Withdrawal) Bill receives Royal Assent and becomes an Act of Parliament
7/6/2018	The Cabinet meets at Chequers to agree a collective position for the future Brexit negotiations with the EU.
7/9/2018	David Davis resigns as Secretary of State for Exiting the European Union and is replaced by Dominic Raab.
7/24/2018	Government publishes White Paper on future UK-EU relations.
8/23/2018	The government publishes the first collection of technical notices providing guidance on how to prepare for a no-deal Brexit.
9/19-20/2018	EU leaders hold an informal summit in Salzburg.
10/29/2018	Budget Day, the last Budget before the UK leaves the EU.
11/14/2018	The Withdrawal Agreement is agreed and published.
11/15/2018	Brexit Secretary resigns as Secretary of State for Exiting the European Union and is replaced by Stephen Barclay the following day.
11/25/2018	At a special meeting of the European Council, EU27 leaders endorse the Withdrawal Agreement and approve the political declaration on future EU-UK relations.
12/4/2018	MPs begin the first of five days of Brexit debates, leading up to the ‘Meaningful Vote’ on 11 December.

12/5/2018	Government publishes the Attorney General's legal advice to Cabinet on the Protocol to the Withdrawal Agreement on Ireland and Northern Ireland.
12/10/2018	CJEU issues its judgment on the <i>Wightman</i> case, finding unilateral revocation of Article 50 TEU is a sovereign right for any Member State to pursue. Later, the Prime Minister pulls tomorrow's planned final vote on her Brexit deal.
12/11/2018	Theresa May wins a vote of confidence in her leadership of the Conservative Party.
1/8/2019	Report Stage and Third Reading of Finance (No. 3) Bill
1/9/2019	As five days of Brexit debates begin – leading to a 'Meaningful Vote' on 15 January – an amendment to the business motion is passed, giving the Prime Minister only three days to present a 'Plan B' Brexit plan if she loses meaningful vote. The deadline was originally 21 days.
1/15/2019	The Prime Minister loses the 'Meaningful Vote' and the Leader of the Opposition tables a motion of no confidence in the Government.

6. The 'Meaningful Vote' – Boris Johnson becomes PM

1/16/2019	The Prime Minister wins a vote of confidence in the Government.
1/21/2019	Theresa May presents the government's 'Plan B' Brexit deal.
1/29/2019	MPs debate the Prime Minister's 'Plan B' deal, which is then approved following two amendments.
2/14/2019	The government's Brexit plan suffers a defeat in the House of Commons.
2/26/2019	The Prime Minister promises MPs a vote on ruling out a no-deal Brexit or delaying Brexit if she loses the second 'meaningful vote' next month.
3/12/2019	The Prime Minister loses the 'Meaningful Vote 2'.
3/13/2019	In a defeat for the Prime Minister, MPs vote to rule out a 'no-deal Brexit'.
3/14/2019	MPs approve the amended government's motion, instructing the government to seek permission from the EU to extend Article 50.

3/20/2019	The Prime Minister writes to European Council President Donald Tusk, asking to extend Article 50 until 30 June 2019.
3/21/2019	Following a meeting of the European Council, EU27 leaders agree to grant an extension comprising two possible dates
3/27/2019	The Commons debates and votes on eight indicative votes, in an attempt to find a Brexit plan that wins the support of the majority of MPs. All options are defeated.
3/29/2019	The Prime Minister loses the 'Meaningful Vote 3'. This was also the long-established date the UK was expected to leave the European Union. Following a House of Commons vote on 14 March 2019, the Government sought permission from the EU to postpone this date. At a European Council meeting on 21 March 2019, EU27 leaders agreed to delay Brexit.
4/1/2019	In the second day of indicative votes, all four of the selected options are defeated.
4/2/2019	The Prime Minister announces she will seek a further extension to the Article 50 process and offers to sit down with the Leader of the Opposition, to finalise a deal that will win the support of MPs.
4/5/2019	Theresa May formally writes to Donald Tusk, requesting a further extension to the Article 50 process to the end of June 2019.
4/10/2019	The European Council meets. The UK and EU27 agree to extend Article 50 until 31 October 2019.
5/21/2019	The Prime Minister unveils her new Brexit deal.
5/23/2019	The UK votes in the European Parliament elections.
7/23/2019	Boris Johnson wins the Conservative Party leadership race.

7. Boris Johnson becomes PM – present (13 August 2019)

7/24/2019	Boris Johnson formally takes over as Prime Minister
9/4/2019	With the Commons passing Hilary Benn's European Union (Withdrawal) (No. 6) Bill, the Prime Minister moves a motion to hold an early General Election. The motion is defeated.
9/9/2019	The Benn bill becomes law: the European ^[1] Union (Withdrawal) (No. 2) Act 2019 and parliament prorogues ^[2]

9/24/2019	The Supreme Court passes a unanimous judgment that the decision to prorogue Parliament was unlawful. The Speaker of the House of Commons announces that the House will sit again the next day.
10/3/2019	The Prime Minister delivers a statement to the Commons, outlining the Government's proposals for a new Brexit deal.
10/8/2019	The Government publishes the No-Deal Readiness Report, detailing the UK's preparedness ahead of Brexit on 31 October.
10/19/2019	A rare Saturday sitting of Parliament. The Prime Minister presents his new Brexit deal, but is defeated when the Letwin amendment is passed. The PM later writes to Donald Tusk, in accordance with the Benn Act, to ask for a Brexit extension.
10/21/2019	The European Union (Withdrawal Agreement) Bill is introduced to Parliament.
10/22/2019	The EU (Withdrawal Agreement) Bill passes its second reading, but the programme motion setting out the timetable is defeated. The PM pauses the legislation.
10/28/2019	EU Ambassadors agree to a Brexit extension to 31 January 2020. The Prime Minister confirms the UK's agreement to this extension.
10/30/2019	The Government introduces the Early Parliamentary General Election Bill, which sets the date for a General Election to take place on 12 December. The Bill completes its Commons stages.
12/12/2019	General Election results in Conservative Party majority. The Prime Minister pledges "to get Brexit done" by 31 January 2020.
19/12/2019	The Government publishes the European Union (Withdrawal Agreement) Bill
1/23/2020	The European Union (Withdrawal Agreement) Act 2020 becomes law, having received Royal Assent. This is the legislation that will implement the withdrawal agreement negotiated by the UK and the EU.
1/31/2020	At 11pm the UK leaves the European Union and enters the transition period.

8. The transition period (1 Feb – 31 Dec 2020)

2/1/2020	The transition period begins.
-----------------	-------------------------------

6/15/2020	The Prime Minister meets EU leaders and asks them to “put a tiger in the tank” of stalled talks.
6/30/2020	The deadline to request an extension to the transition period, currently due to conclude at the end of December, passes.
9/9/2020	The UK Internal Market Bill is introduced and receives criticism from EU leaders.
9/16/2020	The European Commission President warns the UK Government against reneging on the Brexit deal.
9/29/2020	The UK Internal Market Bill passes its Third Reading in the House of Commons and moves to the House of Lords.
10/1/2020	The European Commission President announces the EU will initiate legal proceedings to prevent the UK from trying to use domestic legislation to override aspects of the Brexit Withdrawal Agreement.
12/17/2020	The UK Internal Market Bill receives Royal Assent and enters UK law.
12/24/2020	The Brexit deal (the EU-UK Trade and Cooperation Agreement) is sealed.
12/30/2020	Parliament is recalled to pass the European Union (Future Relationship) Bill.
12/31/2020	The transition period ends at 11pm and the UK leaves the EU single market and customs union.

9. Future timetable

February March 2021	/ European Parliament consent vote on the Trade and Cooperation Agreement. There is some uncertainty about the timing of events in this section and some are indicative only.
--------------------------------	---

References

- Al-Faraj, T. N., Alidi, A. S., & Bu-Bshait, K. A. (1993). Evaluation of bank branches by means of data envelopment analysis. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Aly, H. Y., Grabowski, R., Pasurka, C., & Rangan, N. (1990). Technical, scale, and allocative efficiencies in US banking: An empirical investigation. *The review of economics and statistics*, 211-218.
- Alzubaidi, H., & Bougheas, S. (2012). *The impact of the global financial crisis on European Banking Efficiency* (No. 12/05).
- Armor, J. (2017). Brexit and financial services. *Oxford Review of Economic Policy*, 33 (suppl_1), S54-S69.
- Arshad, S., Rizvi, SAR, & Haroon, O. (2020). Impact of Brexit vote on the London stock exchange: A sectorial analysis of its volatility and efficiency. *Finance Research Letters*, 34, 101240.
- Asimakopoulos, G., Chortareas, G., & Xanthopoulos, M. (2018). The eurozone financial crisis and bank efficiency asymmetries: Peripheral versus core economies. *The Journal of Economic Asymmetries*, 18, e00099.
- Asmild, M., & Zhu, M. (2016). Controlling for the use of extreme weights in bank efficiency assessments during the financial crisis. *European Journal of Operational Research*, 251 (3), 999-1015.
- Athanassopoulos, A. D. (1997). Service quality and operating efficiency synergies for management control in the provision of financial services: Evidence from Greek bank branches. *European journal of operational research*, 98(2), 300-313.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- BankFocus. (2021). Bureau van Dijk

- Battese, G. E., & Rao, D. P. (2002). Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function. *International Journal of Business and Economics*, 1(2), 87.
- Battese, G. E., Rao, D. P., & O'donnell, C. J. (2004). A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Journal of productivity analysis*, 21(1), 91-103.
- Bellringer, C., & Michie, R. (2014). Big Bang in the City of London: an intentional revolution or an accident? *Financial history review*, 21 (2), 111.
- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1991). The dominance of inefficiencies over scale and product mix economies in banking. *Journal of Monetary Economics*, 28(1), 117-148.
- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1992). Measurement and efficiency issues in commercial banking. In *Output measurement in the service sectors* (pp. 245-300). University of Chicago Press.
- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1997). Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research. *European journal of operational research*, 98(2), 175-212.
- Bhatia, V., Basu, S., Mitra, S. K., & Dash, P. (2018). A review of bank efficiency and productivity. *Opsearch*, 55(3-4), 557-600.
- Camanho, A. S., & Dyson, R. G. (2008). A generalisation of the Farrell cost efficiency measure applicable to non-fully competitive settings. *Omega*, 36(1), 147-162.
- Castells, M. (1974). The urban question. XXI century.
- Castells, M. (1989). The informational city: Information technology, economic restructuring, and the urban-regional process (p. 348). Oxford: Blackwell.
- Castells, M. (1996) The Rise of the Network Society. Oxford: Blackwell.
- Castells, M. (2006). The network society: a global vision (No. U10 1087).

Casu, B., & Molyneux, P. (2003). A comparative study of efficiency in European banking. *Applied Economics*, 35(17), 1865-1876.

Charnes, A., Cooper, W. W., y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Chortareas, G. E., Girardone, C., & Ventouri, A. (2013). Financial freedom and bank efficiency: Evidence from the European Union. *Journal of Banking & Finance*, 37(4), 1223-1231.

Chortareas, G. E., Girardone, C., y Ventouri, A. (2012). Bank supervision, regulation, and efficiency: Evidence from the European Union. *Journal of Financial Stability*, 8(4), 292-302.

Clemons, EK, & Weber, BW (1990). London's Big Bang: A Case Study of Information Technology, Competitive Impact, and Organizational Change1. *Journal of Management Information Systems*, 6 (4), 41-60.

Council of the European Union (2021).

<https://www.consilium.europa.eu/es/policies/eu-uk-after-referendum>)

Council of the European Union (2019).

<https://www.consilium.europa.eu/es/policies/eu-uk-after-referendum/2016-uk-settlementprocess-timeline/>.

Curi, C., Lozano-Vivas, A., & Zelenyuk, V. (2015). Foreign bank diversification and efficiency prior to and during the financial crisis: Does one business model fit all? *Journal of Banking & Finance*, 61, S22-S35.

Degl'Innocenti, M., Grant, K., Šević, A., & Tzeremes, NG (2018). Financial stability, competitiveness and banks' innovation capacity: Evidence from the Global Financial Crisis. *International review of financial analysis*, 59, 35-46.

Degl'Innocenti, M., Matousek, R., Sevic, Z., & Tzeremes, NG (2017). Bank efficiency and financial centers: Does geographical location matter? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 46, 188-198.

Delis, M. D., & Papanikolaou, N. I. (2009). Determinants of bank efficiency: evidence from a semi-parametric methodology. *Managerial Finance*, 35(3), 260-275.

Dhingra, S., Ottaviano, G., Sampson, T., & Van Reenen, J. (2016). The impact of Brexit on foreign investment in the UK. *BREXIT 2016*, 24(2), 1-10.

European Union, (1989). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/txt/html/?uri=celex:31989l0646&from=en>

Fethi, M. D., & Pasiouras, F. (2010). Assessing bank efficiency and performance with operational research and artificial intelligence techniques: A survey. *European journal of operational research*, 204(2), 189-198.

Ferrier, G. D., & Lovell, C. K. (1990). Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence. *Journal of econometrics*, 46(1-2), 229-245.

Fernández, X. L., Paz-Saavedra, D., & Coto-Millán, P. (2020). The impact of Brexit on bank efficiency: Evidence from UK and Ireland. *Finance Research Letters*, 36, 101338.

Friedmann, J. (1986) The world city hypothesis, *Development and Change*, 17, pp.69–83.

Fujita, M., & Krugman, P. (2004). The new economic geography: Past, present and the future. In *Fifty years of regional science* (pp. 139-164). Springer, Berlin, Heidelberg.

Golany, B., & Storbeck, J. E. (1999). A data envelopment analysis of the operational efficiency of bank branches. *Interfaces*, 29(3), 14-26.

Harvey, David (1973) *Social Justice and the City*, Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press.

Hayami, Y., & Ruttan, V. W. (1971). *Agricultural development: an international perspective*. Baltimore, Md/London: The Johns Hopkins Press.

Hayami, Y., (1969), "Sources of Agricultural Productivity Gap among Selected Countries," *American Journal of Agricultural Economics*, 51, 564-575.

- Howarth, D., & Quaglia, L. (2017). Brexit and the single European financial market. *J. Common Mkt. Stud.*, 55, 149.
- Isik, I., & Hassan, M. K. (2002). Technical, scale and allocative efficiencies of Turkish banking industry. *Journal of Banking & Finance*, 26(4), 719-766.
- Kalaitzake, M. (2020). Resilience or Relocation? Expectations and Reality in the City of London since the Brexit Referendum.
- Kindleberger, CP (1973). The formation of financial centres: A study in comparative economic history.
- Kindleberger, C. P. (1974). 'The formation of financial centers'. *Princeton Studies in International Finance*, 36, 1-78.
- Kirby, S., Carreras, O., Piggott, R., Warren, J., ONS, Blanchflower, D., ... & Armstrong, A. (2017). The economics consequences of leaving the EU. *National Institute Economic Review*, 240(1), F14-F49
- Krugman, P. (1991). Geography and trade. MIT press
- Krugman, P., & Venables, AJ (1995). Globalisation and the Inequality of Nations. *The quarterly journal of economics*, 110 (4), 857-880.
- Krugman, P. (1996). The self-organising economy (No. 338.9 KRU 1996. CIMMYT.).
- Lavery, S., McDaniel, S., & Schmid, D. (2019). Finance fragmented? Frankfurt and Paris as European financial centers after Brexit. *Journal of European Public Policy*, 26 (10), 1502-1520.
- Lotfi, F. H., Jahanshahloo, G. R., Ebrahimnejad, A., Soltanifar, M., & Mansourzadeh, S. M. (2010). Target setting in the general combined-oriented CCR model using an interactive MOLP method. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 234(1), 1-9.
- Lulle, A., Moroşanu, L., & King, R. (2018). And then came Brexit: Experiences and future plans of young EU migrants in the London region. *Population, Space and Place*, 24(1), e2122.

Mainelli, M., Yeandle, M., & Harris, I. (2007). The Global Financial Centres Index 2. The Global Finance Centres Index1 (GFCI) -Long Finance.

Mainelli, M., & Wardle, M. (2021). The Global Financial Centres Index 30.

Marshall, A. (1890). Principles of Economics, by Alfred Marshall. Macmillan and Company.

Marshall, A. (1920). Principles of Economics: An Introductory Volume, 8th ed. London: Macmillan,

Matousek, R., Rughoo, A., Sarantis, N., & Assaf, A. G. (2015). Bank performance and convergence during the financial crisis: Evidence from the 'old' European Union and Eurozone. *Journal of Banking & Finance*, 52, 208-216.

Maudos, J. (2017). Income structure, profitability and risk in the European banking sector: The impact of the crisis. *Research in International Business and Finance*, 39, 85-101.

Michie, R. (2001). The London stock exchange: A history. OUP Oxford.

Nurmatov, R. (2019). Ensayos sobre eficiencia y turismo internacional. [Tesis doctoral, Universidad de Cantabria]. Repositorio de la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/18023>

O'Donnell CJ, Rao DSP and Battese GE (2008). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics* 34(2): 231-25

Oral, M., & Yolalan, R. (1990). An empirical study on measuring operating efficiency and profitability of bank branches. *European Journal of Operational Research*, 46(3), 282-294.

Paradi, J. C., Rouatt, S., & Zhu, H. (2011). Two-stage evaluation of bank branch efficiency using data envelopment analysis. *Omega*, 39(1), 99-109.

Paradi, J. C., & Schaffnit, C. (2004). Commercial branch performance evaluation and results communication in a Canadian bank—a DEA application. *European Journal of Operational Research*, 156(3), 719-735.

Pasiouras, F. (2008). Estimating the technical and scale efficiency of Greek commercial banks: the impact of credit risk, off-balance sheet activities, and international operations. *Research in International Business and Finance*, 22(3), 301-318.

Pryke, M., & Lee, R. (1995). Place your bets: towards an understanding of globalisation, socio-financial engineering, and competition within a financial centre. *Urban Studies*, 32 (2), 329-344.

Reed, H. C. (1981) *The Pre-eminence of International Financial Centres*. New York: Praeger.

Reed, H. C. (1989). Introduction to international financial centres: Their origin and recent development. *International Banking and Financial Centres*. Boston, MA: Kluwer, 247-268.

Reuters (2020). <https://www.reuters.com/article/uk-britain-eu-finance-factbox-dUSKBN28Y1EK>

Samoilenko, S., & Osei-Bryson, K. M. (2008). Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the sample heterogeneity with cluster analysis and decision trees. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1568-1581.

Sassen, S. (1991). *The global city*. New York.

Sassen, S. (1999). Global financial centres. *Foreign Aff.*, 78, 75.

Schaffnit, C., Rosen, D., & Paradi, J. C. (1997). Best practice analysis of bank branches: an application of DEA in a large Canadian bank. *European Journal of operational research*, 98(2), 269-289.

Schiereck, D., Kiesel, F., & Kolaric, S. (2016). Brexit: (Not) another Lehman moment for banks? *Finance Research Letters*, 19, 291-297.

Schoenmaker, D. (2017). The UK financial sector and EU Integration after Brexit: The issue of passporting. In *The Economics of UK-EU Relations* (pp. 119-138). Palgrave Macmillan, Cham.

Sealey, C. W., y Lindley, J. T. (1977). Inputs, outputs, and a theory of production and cost at depository financial institutions. *The journal of finance*, 32(4), 1251-1266.

Shepard, R. N. (1962). The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. I. *Psychometrika*, 27(2), 125-140.

Sherman, H. D., & Ladino, G. (1995). Managing bank productivity using data envelopment analysis (DEA). *Interfaces*, 25(2), 60-73.

Sherman, H. D., & Zhu, J. (2006). Benchmarking with quality-adjusted DEA (Q-DEA) to seek lower-cost high-quality service: Evidence from a US bank application. *Annals of Operations Research*, 145(1), 301-319.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, 136(1), 31-64.

Smith, A. (1937). *The wealth of nations [1776]* (Vol. 11937)

Sohns, F., & Wójcik, D. (2020). The impact of Brexit on London's entrepreneurial ecosystem: The case of the FinTech industry. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 52(8), 1539-1559.

The Institute for Government (2021).

<https://www.instituteforgovernment.org.uk/explainers/future-relationship-financial-services>

UK parliament (2021). <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/sn06193/>

UK parliament (2021).

<https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-7960/CBP-7960.pdf>

Weber, A. (1909). Über den Standort der industrien, Tübingen. English Translation: The Theory of the Location of Industries.

Weber, A. (1962). *Theory of the Location of Industries*. University of Chicago Press.

- Wójcik, D. (2013). The dark side of NY–LON: Financial centres and the global financial crisis. *Urban Studies*, 50(13), 2736-2752.
- Wu, D. D., Yang, Z., & Liang, L. (2006). Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank. *Expert systems with applications*, 31(1), 108-115.
- Yang, J. B., Wong, B. Y. H., Xu, D. L., Liu, X. B., & Steuer, R. E. (2010). Integrated bank performance assessment and management planning using hybrid minimax reference point–DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1506-1518.
- Yeandle, M., Danev, N., & Mainelli, M. (2014). The global financial centres index 15. *The Global Finance Centres Index (GFCI)-Long Finance*.
- Yue, P. (1992). Data envelopment analysis and commercial bank performance: a primer with applications to Missouri banks. *IC² Institute Articles*.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La presente tesis doctoral se compone de tres ensayos sobre eficiencia bancaria y su relación con los *shocks* externos. El periodo de estudio comprende las tres últimas décadas de la historia reciente en un contexto geográfico internacional. En el primer ensayo se realiza una revisión sistemática de literatura sobre la eficiencia del sector bancario utilizando métodos de Análisis de Frontera Estocásticas. El segundo y el tercer ensayo analizan la eficiencia del sector financiero en el contexto de inestabilidad política y económica provocado por el proceso de salida del Reino Unido de la Unión Europea.

Usando como metodología las técnicas de análisis de fronteras estocásticas (SFA), en el primer ensayo de esta tesis doctoral se lleva a cabo una revisión sistemática de literatura de la eficiencia bancaria. Este ensayo tiene como objetivo ayudar a nuevos investigadores proporcionando una revisión crítica de la aplicación de métodos SFA en el sector bancario. En él se identifica el estado del arte del conocimiento científico en este campo de investigación. Además, se proporciona una revisión exhaustiva de los 133 artículos más destacados en el periodo 1990-2021, analizando las fuentes de publicación, número de citas, palabras clave, metodología, enfoque de estudio, variables input-output y áreas geográficas. Este estudio encuentra, en primer lugar, que la literatura sobre eficiencia bancaria basada en técnicas de estimación de frontera estocástica ha tenido un crecimiento desde el año 1990. En segundo lugar, los resultados muestran que la revista *Journal of Banking & Finance* es la más relevante en número de citas y publicaciones. El artículo más citado considerando la base de datos *Scopus* es *Measuring cost efficiency in banking: Econometric and linear programming evidence*. Por otro lado, los autores con mayor número de citas en esta revisión de literatura son Bonin et al. (2005). Las palabras clave más utilizadas son *Bank*, *Efficiency* y *Stochastic Frontier Analysis*. La orientación metodológica más común es la eficiencia de costes y el enfoque más utilizado es el enfoque de intermediación. Por áreas geográficas, Europa, U.S y China son los países con mayor impacto tanto por número de publicaciones como por número de citas.

El segundo ensayo tiene como objetivo evaluar la relación entre la eficiencia bancaria y los *shocks* externos. El principal *shock* externo que afecta a la economía europea en los últimos años es el proceso de inestabilidad política y económica conocido como *Brexit*. Este proceso se inicia con el referéndum llevado a cabo en 2016, donde se decide, por un estrecho margen de votos, la salida de Reino Unido de la Unión Europea. Cabe destacar que el sector financiero de Reino Unido ha sido históricamente un sector clave para su economía, presentando uno de los mayores pesos respecto al Producto Interior Bruto dentro de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. El efecto del *Brexit* se estudia tanto sobre la eficiencia bancaria británica como irlandesa (país de la Eurozona más cercano). Para ello, se estima la eficiencia técnica de los mayores bancos británicos e irlandeses durante el periodo 2007-2016. En este análisis se utilizan tanto métodos paramétricos (Análisis de Fronteras Estocásticas) como no paramétricos (Análisis Envolvente de Datos). Además, se evalúa el efecto del *Brexit* sobre los índices de eficiencia bancaria de ambas economías.

El tercer ensayo continúa la línea de investigación principal ampliándola a un contexto internacional. En él se evalúa la eficiencia de los dos principales Centros Financieros Globales (Nueva York y Londres) en un periodo de disputa por el liderazgo financiero mundial. Utilizando modelos de dos etapas (Meta Frontier-DEA, y el método de regresión *bootstrapping* propuesto por Simar y Wilson, 2007), se estima la eficiencia de los 70 principales bancos que operan en los dos centros financieros internacionales durante el período 2007-2019. En la segunda etapa se analiza el efecto de la crisis del *Brexit* sobre la eficiencia bancaria de ambos centros financieros y se comparan los resultados de los periodos pre-*Brexit* y post-*Brexit*.

Este estudio ha realizado varias contribuciones.

Del primer ensayo, a conocimiento del autor, cabe destacar que es pionero en abordar una revisión sistemática de literatura de las publicaciones SFA en el sector bancario. Así, a diferencia de las revisiones previas de literatura (de Abreu et al., 2018; Bhatia et al., 2018; Ahmad et al., 2020), se focaliza en las técnicas de estimación SFA. Además, se analiza un contenido muy amplio y con algunos

tópicos de especial interés (la relación entre citas de *Google Scholar* y *Scopus*, las palabras clave más comúnmente utilizadas, tipo de eficiencia estimada o el área geográfica de los bancos objeto de estudio en cada artículo). Esta revisión de literatura pretende ser un punto de partida y una guía para próximos investigadores en el área, tratando de ayudar a la elección del método, selección y justificación de variables del modelo y elección de la fuente de difusión.

Del segundo ensayo, se desprende que la eficiencia promedio estimada es de 73%, siendo los bancos pertenecientes a Irlanda más eficientes en comparación con los bancos de Reino Unido. A través de la función de distancia input-orientada, se concluye que el factor trabajo es el *input* con mayor (elasticidad estimada del 0.63%) mientras que los préstamos es el *output* con la elasticidad más alta en el modelo (0.36%). Además, se obtiene evidencia de rendimientos decrecientes a escala, en coincidencia con investigaciones como la de Miller (1996) para los bancos de mayor tamaño de U.S. y Jiang (2009) en el sector bancario chino. La estimación muestra que la ineficiencia técnica es más relevante (95%) y explica en mayor medida las desviaciones de la frontera de producción, mientras que el componente aleatorio “ruido” apenas tiene influencia.

Así mismo, este ensayo resulta innovador ya que se analiza el efecto del *Brexit* sobre la eficiencia del sector financiero. Los resultados sugieren que las expectativas provocadas por el referéndum (efecto del *Brexit*) han tenido un impacto negativo en la eficiencia bancaria de Reino Unido. Este trabajo contribuye a la literatura al demostrar que un probable proceso de desintegración de un país perteneciente a una unión comercial y financiera influye en la eficiencia bancaria.

Las conclusiones principales del tercer ensayo indican que, en el período 2007-2019, las entidades ubicadas en la *City* de Londres presentaron mayores niveles de eficiencia, teniendo en poder la mejor tecnología dentro del sector. En segundo lugar, existe un claro y significativo proceso de convergencia en los niveles de eficiencia durante el período de estudio. El GFC de Nueva York alcanza los niveles de eficiencia de gestión del GFC de Londres y lo supera en la eficiencia de escala. El proceso de convergencia se intensifica en el período

posterior a la crisis financiera mundial. En tercer lugar, la incertidumbre creada por el proceso *Brexit* está contribuyendo significativamente al cambio de liderazgo geográfico en el negocio financiero global. La competitividad y eficiencia del centro financiero neoyorquino se ha incrementado claramente durante el *Brexit*. Por el contrario, el centro financiero de Londres no ha sido capaz de aumentar los niveles de eficiencia y competitividad en un período financiero global favorable.

En general, la conclusión principal de este estudio nos permite no solo comprender, sino también establecer qué factores son significativos en el funcionamiento del sector financiero. En este sentido, un *shock* externo como el *Brexit*, ha sido un factor con influencia en la eficiencia del sector financiero. Los resultados obtenidos son útiles tanto para los científicos como para los profesionales que buscan comprender los factores que contribuyen a la eficiencia del sector financiero de un territorio.



Esta tesis doctoral consta de tres ensayos sobre la eficiencia del sector financiero, en la historia reciente, dentro de un contexto internacional. La línea principal de investigación estudia la relación entre la eficiencia bancaria y los *shocks* externos. En el primer ensayo se hace una revisión sistemática de literatura sobre la eficiencia del sector bancario utilizando métodos de Análisis de Frontera Estocástica. El segundo y el tercer ensayo analizan la eficiencia del sector financiero en el contexto de la salida del Reino Unido de la Unión Europea.

This doctoral thesis consists of three essays on the efficiency of the financial sector, in recent history, within an international context. The main line of research studies the relationship between banking efficiency and external *shocks*. In the first essay, a systematic review of the literature on the efficiency of the banking sector is made using Stochastic Frontier Analysis methods. The second and third essays analyse the efficiency of the financial sector in the context of the withdrawal of the United Kingdom from the European Union.