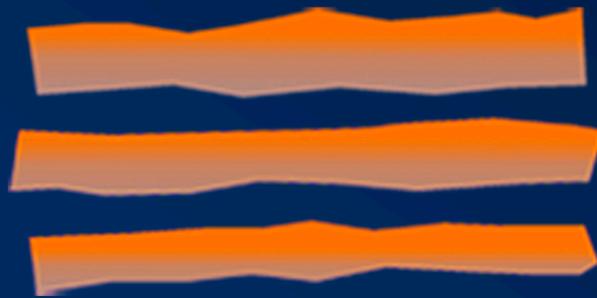




UNIVERSIDAD
**PABLO DE
OLAVIDE**
SEVILLA

Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa



**Journal of Quantitative Methods for
Economics and Business Administration**

ISSN: 1886-516 X
D.L.: SE-2927-06



**REVISTA DE MÉTODOS CUANTITATIVOS
PARA LA ECONOMÍA Y LA EMPRESA**

**Journal of Quantitative Methods for
Economics and Business Administration**

Número 35. Junio de 2023.

ISSN: 1886-516X. D.L: SE-2927-06.

URL: <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/index>

Editores:

Dr. Francisco Javier Blancas Peral
Universidad Pablo de Olavide
Ctra. de Utrera, km 1 - 41013
Sevilla (Spain)
Correo-e: fjblaper@upo.es

Dra. Macarena Lozano Oyola
Universidad Pablo de Olavide
Ctra. de Utrera, km 1 - 41013
Sevilla (Spain)
Correo-e: mlozoyo@upo.es

Comité Editorial:

Dr. S. Ejaz Ahmed, University of Windsor, Ontario (Canadá)
Dr. Adam P. Balcerzak, Nicolaus Copernicus University, Toruń (Polonia)
Dr. Carlos A. Coello Coello, CINVESTAV-IPN, México D.F. (México)
Dr. Ignacio Contreras Rubio, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España)
Dra. Manuela Coromaldi, University of Social Sciences UNISU, Roma (Italia)
Dr. Miguel Ángel Hinojosa Ramos, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España)
Dr. Matías Irigoyen Testa, Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires (Argentina)
Dr. M. Kazim Khan, Kent State University, Ohio (EE.UU.)
Dr. Manuel Laguna, University of Colorado at Boulder, Colorado (EE.UU.)
Dra. María Amparo León Sánchez, Universidad de Pinar del Río (Cuba)
Dr. Jesús López-Rodríguez, Universidad de A Coruña (España)
Dr. Cecilio Mar Molinero, University of Kent, Canterbury (Reino Unido)
Dra. Ana M. Martín Caraballo, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España)
Dra. M^a Carmen Melgar Hiraldo, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España)
Dr. Gábor Nagy, University of Kent, Canterbury (Reino Unido)
Dr. José Antonio Ordaz Sanz, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla (España)
Dr. Andrés Rodríguez-Pose, London School of Economics, Londres (Reino Unido)
Dr. José Manuel Rueda Cantuche, IPTS-DG J.R. Centre-European Commission
Dra. Mariagrazia Squicciarini, OECD, París (Francia)
Dra. Mariangela Zoli, Università degli Studi di Roma 'Tor Vergata', Roma (Italia)



Evaluación del impacto de la inversión en investigación y desarrollo y el número de investigadores en el crecimiento económico

AALI-BUJARI, ALÍ

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (México)
Correo electrónico: alibujari@yahoo.es

VENEGAS-MARTÍNEZ, FRANCISCO

Instituto Politécnico Nacional (México)
Correo electrónico: fvenegas1111@yahoo.com.mx

RESUMEN

Esta investigación analiza el impacto de la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) y del número de investigadores en el crecimiento económico de algunas de las economías de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para el periodo 1996-2016. Se realiza un análisis de causalidad en el sentido de Granger y se estima un modelo de datos panel. Los datos son obtenidos de Banco Mundial. Se encuentra evidencia empírica de una causalidad bidireccional entre la I+D y el PIB per cápita, pero predominantemente I+D causa PIB. También se encuentra una causalidad bidireccional entre el número de investigadores y el PIB per cápita, pero predominantemente el PIB causa el número de investigadores. Mientras que el modelo de panel dinámico MGM-sistema en una etapa muestra que el crecimiento económico es afectado positivamente por la inversión en I+D y el número de investigadores. Este trabajo se distingue de otros en los siguientes aspectos: 1) considera una muestra de 25 países de OCDE en el periodo 1996-2016; 2) tiene una mayor disponibilidad de datos, y 3) se realiza un análisis de datos panel dinámico que permite utilizar una mayor cantidad de países, variables y períodos.

Palabras clave: inversión en investigación y desarrollo; número de investigadores; crecimiento económico; causalidad de Granger; datos panel.

Clasificación JEL: O10, O30, O40.

MSC2010: 91G70, 91G99.

Artículo recibido el 4 de diciembre de 2020 y aceptado el 29 de junio de 2022.

Assessment of the impact of investment in research and development and the number of researchers on economic growth

ABSTRACT

This research analyzes the impact of investment in Research and Development (R&D) and the number of researchers on the economic growth of some of the economies of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), for the period 1996-2016. A causality analysis in the sense of Granger is performed and a panel data model is estimated. Data are obtained from the World Bank. There is empirical evidence of bidirectional causality between R&D and GDP per capita, but predominantly R&D Granger-causes GDP. Bidirectional causality is also found between the number of researchers and GDP per capita, but predominantly GDP Granger-causes the number of researchers. While the dynamic panel model of the MGM system in one stage shows that economic growth is positively affected by investment in R&D and the number of researchers. This work differs from others in the following aspects: 1) it considers a sample of 25 OECD countries in the period 1996-2016; 2) there is a greater availability of data, and 3) a dynamic panel data analysis is carried out that allows the use of a greater number of countries, variables and periods.

Keywords: investment in research and development; number of researchers; economic growth; Granger causality; panel data.

JEL classification: O10, O30, O40.

MSC2010: 91G70, 91G99.



1. Introducción

Los nexos entre el progreso tecnológico y el crecimiento económico se comienzan a analizar en el modelo teórico en el trabajo seminal de Solow (1956), con el cual inicia la teoría del crecimiento exógeno que dominó la teoría del crecimiento económico hasta que aparecen las investigaciones de Romer (1986), Lucas (1988), Rebelo (1991) surgiendo así el crecimiento endógeno, que da un salto cualitativo con respecto al crecimiento exógeno que consiste en explicar de dónde proviene el progreso tecnológico; Romer lo explica mediante el conocimiento tecnológico y Lucas lo relaciona con el capital humano. Más tarde surge el crecimiento endógeno “schumpeteriano” que explica el progreso tecnológico mediante los procesos de innovación tecnológica, como en Groosman y Helpman (1991), Aghion y Howitt (1992) y Shefer y Frenkel (2005), entre otros. Estos autores examinan el papel de la inversión en I+D y el número de patentes con el crecimiento económico. El enfoque schumpeteriano se basa en las ideas de Schumpeter (1911), que fue el primero en destacar el papel de la innovación en el dinamismo económico. La mayoría de los trabajos destacan la importancia que tienen los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento económico; sin embargo, existen otros autores en desacuerdo como Jones (1995), Arnold (1998) y Pessoa (2010), por lo que, no hay consenso sobre esta relación.

En este contexto Doukas y Switzer (1992) evalúan la respuesta del mercado de valores a los planes de gasto en I+D de las empresas estadounidenses. Para ello, los autores relacionan los gastos en actividades innovadoras con el valor de mercado de la empresa y analizan una muestra de empresas que representan el 58% de la I+D financiada por el sector privado en EE.UU.; sus resultados indican que el mercado responde favorablemente a mayores aumentos en el gasto en I+D después de tener en cuenta las diferencias en las bases de capital de conocimiento de las empresas. Aunado a lo anterior, los autores encuentran tasas de retorno altas a la inversión en I+D. Por otro lado, Wakelin (2001) analiza la relación entre el aumento de la productividad y el gasto en I+D para 170 empresas del Reino Unido. Para ello, estima una función de producción Cobb-Douglas y encuentra un impacto positivo y significativo para el gasto en I+D de las empresas con respecto al crecimiento de la productividad. Por otro lado, el historial de la innovación tanto de la empresa como del sector parece ser importante para influir en la tasa de rendimiento del gasto en I+D.

Por otro lado, Guangzhou (2001) analiza la relación del gasto en I+D con la productividad de las empresas chinas. Para ello, utiliza la función de producción, la inversión en I+D privada, la inversión en I+D pública y estima modelos de corte transversal de empresas chinas de diferentes tipos. El autor encuentra una fuerte relación directa entre la inversión en I+D privada y la productividad de las empresas, mientras que la inversión en I+D pública contribuye indirectamente a la productividad de las empresas al promover la I+D privada. El autor también sugiere proporcionar incentivos para que las empresas inviertan en I+D como una estrategia para buscar el apoyo del gobierno. Cameron et al. (2005) examinan los roles que desempeñan el gasto en I+D, el comercio internacional y el capital humano para impulsar la productividad, mediante un panel de 14 industrias y encuentran que la inversión en I+D es relevante para incrementar las tasas de innovación. Asimismo, el comercio internacional mejora la velocidad de transferencia de tecnología y el capital humano afecta principalmente a la producción a través de las tasas de rendimientos privadas.

Asimismo, Choi y Hoon (2017) estudian el efecto de internet en la relación entre el gasto en I+D y el crecimiento económico. Los autores utilizan datos de 105 países, durante el periodo 1994-2014, mediante el uso de datos panel y encuentran que el efecto del gasto en I+D en el crecimiento económico se ve afectado positivamente por internet y, además, el efecto de internet en el crecimiento económico se ve reforzado positivamente por un aumento en el gasto en I+D. Por otro lado, Thompson (2018) estudia la relación de innovación y crecimiento económico utilizando bases en un modelo neoclásico y encuentra que el crecimiento económico aumenta con la proporción de trabajadores de producción ligada a innovación.

Más recientemente, Đuro et al. (2020) examinan el impacto de la I+D en la República de Serbia, Dinçer et al. (2019) evalúan el papel de la I+D y las inversiones en tecnología en el desarrollo económico de los países del E7, y Nekrep et al. (2018) analizan el impacto de la inversión en I+D en la

productividad y crecimiento económico en la Unión Europea. No obstante, falta una investigación que incluya el número de investigadores en conjunción con la I+D para evaluar su efecto en el crecimiento económico.

En esta investigación se examinan las relaciones de la inversión en I+D, el número de investigadores y el crecimiento del PIB per cápita, en 25 economías pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), durante el período 1996-2016. Para ello se realiza un análisis de causalidad de Granger (1969) y se estiman modelos de datos panel dinámico MGM-sistema para indagar sobre las relaciones que guardan entre sí dichas variables. Los países de la muestra son: Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Alemania, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Hungría, Reino Unido, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Corea, México, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, Suecia, Turquía y Estados Unidos.

La hipótesis de este estudio es que existe un impacto positivo en el aumento de la inversión en I+D y el incremento en el número de investigadores en el crecimiento económico en los 25 países durante el periodo 1996-2016.

La presente investigación se distingue con respecto al estado actual del tema en lo siguiente: 1) se concentra en 25 economías de la OCDE, 2) cuenta con una mayor disponibilidad de datos con respecto al pasado, 3) realiza un análisis de causalidad de Granger, 4) estima modelos de datos panel dinámico MGM-sistema que permiten utilizar una mayor cantidad de países, de variables y de períodos y 5) corrige problemas de multicolinealidad y de autocorrelación.

El resto del documento se organiza como sigue. La sección 2 se ocupa de una revisión breve de la literatura sobre el tema en cuestión. La sección 3 presenta las estadísticas descriptivas de las variables relevantes. En la sección 4 se especifica el modelo datos panel dinámico MGM-sistema. La sección 5 muestra el análisis y la discusión de los resultados empíricos de causalidad de Granger y estimaciones de modelos de datos panel. Por último, en la sección 6, se presentan las conclusiones.

2. Recursos para investigación y crecimiento económico

La relación entre los recursos humanos y financieros para investigación y el crecimiento económico se analiza en diversas investigaciones: Groosman y Helpman (1991), Aghion y Howitt (1992), Coe y Helpman (1995), Rajeev et al. (2008) y otros. En particular, Aghion y Howitt (1992) estudian, en el marco de la teoría de crecimiento endógeno, el impacto de la innovación en la actividad económica. Estos autores muestran que las empresas innovadoras y la cantidad de trabajo dedicado a la innovación tienden a incrementar el progreso tecnológico y, con ello, la productividad de la economía. Asimismo, Coe y Helpman (1995) estudian el crecimiento económico relacionado con los esfuerzos en innovación como motor del progreso tecnológico y encuentran que la productividad total de los factores de un país depende no sólo del capital nacional en I+D, sino también del capital extranjero en I+D. Sus estimaciones indican que la I+D extranjera tiene efectos positivos en la productividad nacional y que éstos son más fuertes a medida que la economía esté más abierta al comercio internacional.

Así mismo, Teubal (1996) estudia la dinámica de las actividades de I+D en los países asiáticos de reciente industrialización, distingue dos fases del desarrollo tecnológico, la infantil y la madura. La infantil es un proceso de aprendizaje extenso, colectivo, multidisciplinario, acumulativo a través del tiempo. La fase madura establece la endogenización del desarrollo tecnológico y la rutinización de la inversión en I+D en la economía, en donde posteriormente se reduce drásticamente el apoyo del gobierno a las formas tradicionales de I+D. Por otro lado, Deeds (2001) estudia 80 empresas farmacéuticas de biotecnología, para explorar la relación entre la intensidad en I+D y la cantidad de riqueza creada por el sector de alta tecnología; sus resultados sugieren que hay una sólida relación positiva entre la intensidad de I+D de una empresa de alta tecnología con la cantidad de riqueza generada por dicha empresa.

Con estas mismas ideas, Shefer y Frenkel (2005) estudian 209 empresas industriales en la parte norte de Israel para analizar los determinantes del gasto en I+D y encuentran que la inversión en I+D está relacionada con las características de las empresas, principalmente su tamaño, tipo de rama industrial, tipo de propiedad y ubicación. Por otro lado, Rajeev et al. (2008) examinan la relación entre el gasto en I+D y el crecimiento económico en Estados Unidos, en el período 1953-2000. En una primera fase crecen de forma importante los desembolsos no federales para I+D. En una segunda etapa se hace presente una reducción en la participación del gasto en I+D financiado con fondos federales y, finalmente, se observa una disminución drástica en la participación del gasto en I+D en defensa. Los autores también estudian el gasto de forma desagregada en fondos federales y no federales y encuentran con sus estimaciones que el gasto en I+D de fondos federales es mucho más relevante para el crecimiento económico en EE.UU., en relación al gasto en I+D no federal. Posteriormente, Pessoa (2010) estudia la relación entre los desembolsos en I+D y el crecimiento económico en el contexto de la OCDE y duda de la efectividad de las políticas de innovación que intentan mejorar la productividad agregada en función de una creciente intensidad en I+D.

Posteriormente, Acemoglu et al. (2018) utilizan micro datos del censo de EE.UU. para examinar la relación entre el gasto de I+D y la expansión de las empresas. Para ello, utilizan información sobre nivel de producción de la empresa, I+D y patentes y construyen un modelo de innovación y crecimiento de la productividad utilizando diferentes tipos de empresas que difieren en intensidad innovadora (alta y baja). Sus resultados sugieren que las subvenciones a I+D fomentan la supervivencia y expansión de las empresas de baja intensidad innovadora ya que se crea un efecto perverso y contrario al no alentar la salida de empresas menos productivas y liberar la mano de obra calificada para ser utilizada en I+D por empresas de alto nivel o intensas en innovación.

Recientemente, Durmus y Korhan (2019) estudian el impacto de los clústeres, la inversión extranjera directa, la inversión en I+D y el crecimiento económico, para 8 países en vías de desarrollo, dentro y fuera de uniones económicas, con niveles de innovación similares, en el periodo 2001-2014. Para ello, utilizan un modelo de datos panel y encuentran que las uniones económicas son efectivas para los países en desarrollo en materia de comercio, pero no directamente en la innovación. Los autores sugieren que los países en desarrollo deben aumentar el efecto indirecto del comercio para la innovación y el efecto moderador de pertenecer a uniones económicas. En síntesis, no hay consenso sobre el impacto de los recursos humanos y financieros para la investigación en el crecimiento económico. Algunos autores señalan que los recursos (humanos y financieros) para investigación no tiene efectos relevantes sobre el crecimiento económico, mientras que la mayoría de los trabajos señalan que los recursos humanos y financieros para la investigación contribuyen de manera importante al crecimiento económico.

3. Estadísticas descriptivas de las variables bajo estudio

Los datos que se utilizan en la presente investigación son obtenidos del Banco Mundial (World Development Indicators, 2019). El PIB per cápita, el valor de la inversión en I+D, el número de investigadores por cada millón de habitantes. El PIB per cápita es medido en dólares (USD) de la Paridad del Poder Adquisitivo del 2011. Todas las variables corresponden al período 1996-2016. En esta investigación se dispone de datos de panel balanceado. Se tienen el mismo número de observaciones para todas las variables para todos los países. El periodo se encuentra restringido a la disponibilidad de datos y el panel incluye 25 economías que son miembros de la OCDE. Los países de la muestra son: Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Alemania, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Hungría, Reino Unido, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Corea, México, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, Suecia, Turquía y Estados Unidos. La Tabla 2 muestra las variables que serán utilizadas en esta investigación y cómo se denotarán, así como sus promedios, desviaciones estándar y niveles máximos y mínimos. Para la muestra de economías de este estudio, el PIB per cápita promedio asciende a 34511.2 USD, la desviación estándar es 11190.03, el PIB per cápita mínimo es 11975.63 USD y corresponde a Polonia, el PIB per cápita más alto es de 65083.26 USD y

corresponde a Noruega. El esfuerzo en I+D se mide como (I+D)/PIB y el esfuerzo promedio de la muestra es 1.82, con una desviación estándar de 0.91, con un mínimo de 0.25 que corresponde a México y un máximo de 4.29 que corresponde a Corea. El número de investigadores promedio de la muestra es 3458 investigadores por cada millón de habitantes, la desviación estándar es de 1849, el menor número de investigadores corresponde a México con 207 investigadores por un millón de habitantes y el mayor promedio corresponde a Islandia con 8006 investigadores por cada millón de habitantes.

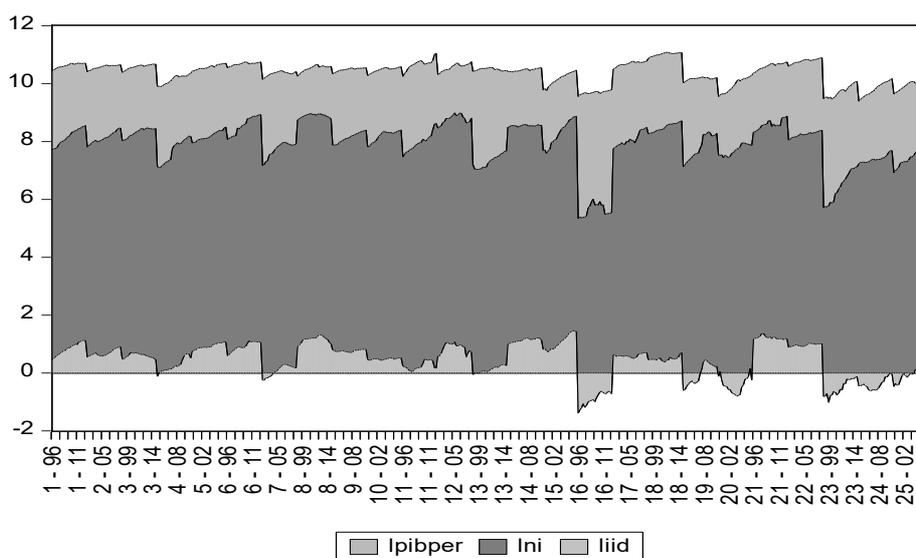
Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de las variables de estudio.

Variable	Notación	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo
Producto Interno Bruto per cápita	pibper	34511.2	11190.03	11975.63	65083.26
Inversión en I+D como proporción de PIB	iid	1.824929	0.9152373	0.25067	4.28874
Número de investigadores	ni	3458.025	1849.139	207.9061	8006.459

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial disponibles 2019.

La mayor parte de las investigaciones que estudian el vínculo entre los recursos para la investigación y el crecimiento económico predicen que existe una relación positiva entre ellos. A continuación, se muestran los resultados de un análisis gráfico que relaciona la variable dependiente PIB per cápita con la inversión en I+D y el número de investigadores por cada millón de habitantes. El Gráfico 1 muestra que la tendencia generalizada de los incrementos en número de investigadores coincide con los aumentos en el ingreso per cápita. Igualmente, decrementos en el número de investigadores coinciden con disminuciones en el ingreso per cápita. Por otro lado, incrementos en la inversión en I+D, generalmente, coinciden con aumentos en el ingreso per cápita, y las disminuciones en la inversión en I+D, generalmente, coinciden con disminuciones en el ingreso per cápita. En síntesis, el Gráfico 1 respalda la idea de que la expansión del número de investigadores y los aumentos en la I+D y desarrollo están asociados de forma positiva con el crecimiento económico.

Gráfico 1. Relación entre inversión en I+D, número de investigadores y PIB per cápita.



Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2019).

4. Especificación econométrica del modelo de datos de panel

El uso de datos panel es cada vez más frecuente, ya que es muy útil para la investigación aplicada en muestras de varias economías. Los datos panel representan una muestra de características que tienen los países a lo largo del tiempo, es decir, es una combinación simultánea de datos de series de tiempo y de corte transversal. El modelo general que se pretende estimar es el siguiente:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + u_{it} \quad [1]$$

donde y_{it} es la variable dependiente que cambia en función de i (el número de países) y t (el número de años), y_{it-1} es la variable dependiente rezagada, X_{it} son variables exógenas y u_{it} perturbaciones aleatorias. Las estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) podrían estar sesgadas y para evitar eso se proponen modelos alternativos a la regresión agrupada mediante modelos de efectos fijos (EF) y modelo de efectos aleatorios (EA) que se comentarán más adelante. El uso de datos de panel presenta varias ventajas porque examina un mayor número de observaciones con más y mejor información, admite un mayor número de variables y genera menos multicolinealidad entre datos de las variables explicativas, y es más eficiente en la estimación. Otra ventaja es que se dispone de más datos y se puede hacer un seguimiento de cada país (unidad de observación). También subsana el problema de variables omitidas, ya que se pueden eliminar por diferencias de las variables que no cambian en el tiempo (véase Baltagi (2005) para un análisis más completo).

Por supuesto, los modelos de datos panel también presentan limitaciones ya que los datos son más complejos; no se tratan la heterogeneidad o las individualidades. Si todas las cualidades del país no son observables, entonces los errores estarán correlacionados con las observaciones y los estimadores MCO serán inconsistentes. El modelo de efectos fijos implica menos supuestos sobre el comportamiento de los residuos. En este caso se supone que el modelo a estimar es:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

Si se supone que $\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$, entonces:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \quad [3]$$

En este último caso, el error ε_{it} puede descomponerse en dos partes, una parte fija, constante para cada país v_i y otra aleatoria u_{it} que cumple los requisitos MCO ($\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$), lo que es equivalente a realizar una regresión general y dar a cada individuo un punto de origen (ordenadas) distinto. El modelo de efectos aleatorios (EA) tiene la misma especificación que el de efectos fijos con la excepción de que el término v_i , en lugar de ser un valor fijo para cada país y constante a lo largo del tiempo es una variable aleatoria con un valor medio $E[v_i]$ y una varianza $\text{Var}(v_i) \neq 0$. De esta forma, la especificación del modelo es:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \quad [4]$$

donde ahora v_i es una variable aleatoria. El modelo de EA es más eficiente (la varianza de la estimación es menor, es decir, es más eficiente), pero menos consistente que el de efectos fijos. Para la estimación de datos de panel dinámico se utiliza el Método Generalizado de Momentos (MGM)-sistema; véase, por ejemplo, Arellano y Bond (1991). El estimador MGM extendido en diferencias desarrollado por Arellano y Bover (1995) se basa en regresiones en diferencias para controlar los efectos no observables. Posteriormente, utilizan observaciones previas de las variables explicativas y retardos de las variables dependientes como instrumentos.

El MGM en diferencias tiene limitaciones como lo muestran Blundell y Bond (1998), particularmente, cuando las variables explicativas son persistentes en el tiempo. Los niveles rezagados de estas variables son instrumentos débiles para la ecuación en diferencias. Por otra parte, este enfoque sesga los parámetros si la variable rezagada (en este caso el instrumento) está muy cerca de ser

persistente. Estos autores proponen introducir nuevos momentos sobre la correlación de la variable rezagada y el término del error. Para ello, se agrega la condición de covarianza entre la variable dependiente rezagada y la diferencia de los errores, así como el cambio en la variable dependiente rezagada y el nivel de error tiene que ser cero. El estimador MGM en sistema utiliza un conjunto de ecuaciones en diferencias que son instrumentalizadas con los retardos de las ecuaciones en niveles. Este estimador también relaciona un conjunto de ecuaciones en niveles instrumentalizadas con los retardos de las ecuaciones en diferencias (Bond, 2002).

En el estimador MGM en sistema se imponen suficientes condiciones de ortogonalidad para asegurar estimadores consistentes de los parámetros aún con problemas de endogeneidad y con efectos individuales-país no observados. Este enfoque es para estimar los parámetros y fue desarrollado por Arellano y Bover (1995) y, posteriormente, varias mejoras fueron realizadas por Blundell y Bond (1998). El estimador así obtenido tiene ventajas sobre otros estimadores como EF y otros, ya que no sesga los parámetros en muestras pequeñas o en presencia de endogeneidad. El estimador MGM óptimo tiene la siguiente forma:

$$\hat{\theta}_{\text{MGM}} = \begin{pmatrix} \hat{\alpha}_{\text{MGM}} \\ \hat{\beta}_{\text{MGM}} \end{pmatrix} = \left[(y_{-1}^*; x^*)' z^* V_N^{-1} z^{*'} \begin{pmatrix} y_{-1}^* \\ x^* \end{pmatrix} \right]^{-1} [(y_{-1}^*; x^*)' z^* V_N^{-1} z^{*'} y^*] \quad [5]$$

La ecuación [5] es un sistema que consiste en una regresión que contiene conjuntamente información en niveles y en diferencias en términos de condiciones de momentos.

5. Análisis de resultados empíricos

En esta sección se realizan pruebas de causalidad en el sentido de Granger y se estima un modelo de datos panel.

5.1 Causalidad de Granger

El análisis de causalidad de Granger (1969) no es una prueba para medir el nivel de relación causal entre dos o más variables, sino una prueba para detectar la correlación entre los valores actuales de una variable con los valores rezagados de otra variable. La prueba se basa en la hipótesis nula de que no existe causalidad en el sentido de Granger entre dos variables, el criterio de rechazo se basa en el valor del estadístico F y su nivel de probabilidad. Se rechazan los estadísticos p -valor asociados a niveles mayores o iguales a 0.05 (Se recomienda revisar a Gujarati y Porter (2009), Wooldrige (2011) y Greene (2012)). A continuación, se presentan las pruebas de causalidad para las variables de este estudio.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las estimaciones de la prueba de causalidad de Granger entre el logaritmo del PIB per cápita y el logaritmo de la inversión en I+D como proporción del PIB, así como con el logaritmo del número de investigadores por cada millón de habitantes. Las estimaciones indican, en general, que a pesar de existe causalidad en ambas direcciones, predomina el sentido de la inversión en I+D hacia el PIB per cápita en el periodo 1996-2016. La inversión en I+D causa al PIB per cápita en los retardos: 1, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18 y 19. Mientras que el PIB per cápita causa en el sentido de Granger a la inversión en I+D en los retardos: 1, 2, 3, 4. En el análisis de causalidad de Granger, la inversión en I+D causa al PIB per cápita siendo el sentido de la causalidad predominante de la inversión en I+D al PIB per cápita, ya que sólo en los 4 primeros retardos el PIB per cápita causa en el sentido de Granger a la inversión en I+D, mientras que en 12 retardos la inversión en I+D causa al PIB per cápita.

Cuadro 2. Causalidad de Granger entre inversión en I+D y PIB per cápita.

Pruebas de causalidad de Granger									
					Retardo 1	Retardo 2			
Hipótesis nula:					Observac.	Estadístico F	Prob.	Prob.	
liid no causa lpibper					500	0.99954	0.3179	0.0338	
lpibper no causa liid						0.71310	0.3988	0.2627	
Ret. 3	Ret. 4	Ret. 5	Ret. 6	Ret. 7	Ret. 8	Ret. 9	Ret. 10		
Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.		
0.0107	0.0006	0.0019	0.0276	0.2220	0.2270	0.0195	0.0773		
0.1928	0.0535	0.0197	0.0076	0.0119	0.0007	0.0002	0.0006		
Ret. 11	Ret. 12	Ret. 13	Ret. 14	Ret. 15	Ret. 16	Ret.17	Ret.18	Ret. 19	
Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	Prob.	
0.1191	0.0540	0.0276	0.3717	0.1860	0.4192	0.2945	0.2195	0.2644	
0.0005	0.0005	0.0009	0.0004	0.0001	0.0008	0.0006	0.0004	0.0434	

lpibper: log PIB per capita, liid: log de inversión en I+D.
Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2019).

El Cuadro 3 presenta los resultados de las estimaciones de causalidad de Granger entre el número de investigadores y PIB per cápita. Se observa, en general, que existe causalidad bidireccional, aunque predominantemente el sentido es del PIB per cápita hacia el número de investigadores en el periodo 1996-2016. El número de investigadores causa al PIB per cápita en los retardos: 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18 y 19. Mientras que el PIB per cápita causa al número de investigadores en los retardos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18 y 19.

En síntesis, el análisis de causalidad de Granger revela que existe una causalidad bidireccional entre la inversión en I+D con el PIB per cápita y también existe causalidad bidireccional entre el número de investigadores con el PIB per cápita. En el análisis de causalidad de Granger se detecta que la inversión en I+D causa fuertemente al PIB per cápita, mientras que el PIB per cápita causa de forma vigorosa al número de investigadores. El análisis de causalidad de Granger muestra que tanto la inversión en I+D, como el número de investigadores causan al PIB per cápita en las economías estudiadas.

5.2 Modelos de Datos de Panel

El objetivo de esta sección consiste en desarrollar un modelo de datos de panel que permita analizar el impacto de la inversión en I+D y el número de investigadores en el crecimiento del PIB de la muestra de 25 economías. Se analiza una muestra de 25 economías miembros de la OCDE, con el propósito de examinar empíricamente la relación entre los recursos para investigación con el crecimiento económico. Las variables de análisis son expresadas en logaritmos: (lpibper) es logaritmo del PIB per cápita, (liid) es logaritmo de la inversión en I+D, (lni) es el logaritmo del número de investigadores y el periodo analizado es 1996-2016, lo que permite contar con 25 grupos y 21 años. Con el paquete *Stata* se estima un panel balanceado. Los principales resultados se expresan en las siguientes tablas. La Tabla 4 muestra los resultados de las estimaciones de datos de panel dinámico, la primera columna señala que la variable dependiente es el logaritmo del PIB real per cápita, las variables explicativas son: el retardo del logaritmo del PIB per cápita, logaritmo de la inversión en I+D, el logaritmo del número de investigadores y la constante. Se presenta el modelo de mejor ajuste, las pruebas de autocorrelación serial de primero y segundo orden, la prueba de Sargan (se instrumentalizó con dos retardos como máximo), el número de países y el número de observaciones. Es importante destacar que las estimaciones mediante modelos dinámicos permiten mitigar los problemas de autocorrelación.

Cuadro 4. Estimaciones de modelos de datos de panel con MGM.

Variable dependiente: lpibper	MGM Sistema (una etapa)
LpibperL1	0.8692134 (0.000)
Liid	0.0068932 (0.000)
Lni	0.0399766 (0.000)
Constante	1.054600 (0.000)
AR (1)	Prob>Z=0.000
AR (2)	Prob>Z=0.053
Prueba de Sargan	Prob>Chi2=0.0875
Número de países	25
Número de observaciones	500

Entre paréntesis los *p*-valores.

MGM: Método Generalizado de Momentos.

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2019), Stata.

La segunda columna del cuadro anterior muestra los resultados de la estimación por MGM en sistema en una etapa, los coeficientes del PIB per cápita rezagado, la inversión en I+D, el número de investigadores y la constante. Todos ellos presentan los signos adecuados y son estadísticamente significativos. La prueba Sargan rechaza la hipótesis nula de sobreidentificación, por lo tanto, se admite la validez general de los instrumentos y la especificación del modelo.

Las estimaciones indican que el modelo de mejor ajuste, el cual es elegido, es el estimado con MGM sistema en una etapa, indicando que el PIB per cápita está relacionado positivamente con el PIB rezagado (lpib.L1), y también está relacionado positivamente con la inversión en I+D y con el número de investigadores. Este modelo indica que un incremento del 1% en la inversión en I+D tendrá un impacto del 0.0068932% en el PIB per cápita, mientras un incremento del 1% del número de investigadores provoca un aumento del 0.0399766% en el PIB per cápita para las 25 economías de la OCDE en el periodo de 1996-2016. Otro hallazgo importante es que el número de investigadores tiene mayor impacto en el crecimiento económico en comparación con la inversión I+D.

En resumen, la evidencia empírica muestra que la inversión en I+D y el número de investigadores tienen un impacto positivo en el crecimiento económico. Así pues, la estimación de MGM sistema en una etapa es el modelo que mejor explica la relación entre la inversión en I+D y el número de investigadores y el crecimiento económico.

6. Conclusiones

La evidencia empírica presentada en esta investigación, primero mediante un análisis de causalidad de Granger, revela que existe una causalidad bidireccional entre la I+D y el PIB per cápita, pero predominantemente I+D causa en el sentido de Granger al PIB per cápita. También se encuentra una causalidad bidireccional entre el número de investigadores y el PIB per cápita, pero predominantemente el PIB causa en el sentido de Granger al número de investigadores en las 25 economías de la OCDE.

Posteriormente, las estimaciones de datos de panel mostraron un impacto positivo la inversión en I+D y el número de investigadores en el crecimiento económico. En consecuencia, la evidencia empírica presentada aquí, sustenta la hipótesis planteada en este trabajo. Derivado de la presente investigación se recomienda a los tomadores de decisiones de política económica buscar los instrumentos e incentivos adecuados que fomentan una mayor inversión en I+D e incrementar el número de investigadores para impulsar el crecimiento económico.

Referencias

- Acemoglu, D., Akeigit, U., Alp, H., Bloom, N., & Kerr, W. (2018). Innovation reallocation and growth. *American Economic Review*, *108*(11), 3450-91. <https://doi.org/10.1257/aer.20130470>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, *60*(2), 323-351. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies*, *58*(2), 277-297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- Arellano M., & Bover, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-components Models. *Journal of Econometrics*, *68*(1), 29-51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)
- Arnold, L. (1998). Growth, welfare and trade in an integrated model of human-capital acumulation and research. *Journal of Macroeconomics*, *20*(1), 81-105. [https://doi.org/10.1016/S0164-0704\(98\)00048-2](https://doi.org/10.1016/S0164-0704(98)00048-2)
- Baltagi, B.H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*. (3Ed.). New York: John Wiley & Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Econometric+Analysis+of+Panel+Data%2C+5th+Edition-p-9781118672327>
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics*, *87*(1), 115-143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Bond, S.R. (2002). Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice. *Portuguese Economic Journal*, *1*(2), 141-162. <https://doi.org/10.1007/s10258-002-0009-9>
- Cameron, G., Proudman, J., & Redding, S. (2005). Technolgical convergence, R&D, trade and productivity growth. *European Economic Review*, *49*(3), 775-807. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(03\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(03)00070-9)
- Choi, C., & Hoon, M. (2017). The internet, R&D expenditure and economic growth. *Journal Applied Economics Letters*, *25*(4), 264-267. <https://doi.org/10.1080/13504851.2017.1316819>
- Coe, D., & Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, *39*(5), 859-887. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00100-E](https://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00100-E)
- Deeds, D. (2001). The role of R&D intensity, technical development and absorptive capacity in creating entrepreneurial wealth in high technology start-ups. *Journal of Engineering and Technology Management*, *18*(1), 29-47. <https://doi.org/10.1007/s11187-009-9183-9>

- Dinçer, H., Yüksel, S., Adalı, Z., & Rıdvan Aydın, R. (2019). Evaluating the Role of Research and Development and Technology Investments on Economic Development of E7 Countries. In Alicia Guerra (ed.). *Organizational Transformation and Managing Innovation in the Fourth Industrial Revolution*, 245-264.
- Doukas, J., & Switzer, L. (1992). The stock Market's valuation of R&D spending and market concentration. *Journal of Economics and Business*, 44(2), 95-114. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2004.10.007>
- Durmus, Y., & Korhan, A. (2019). Effects of economic clusters, FDI and R&D on innovation developing countries in European Monetary Union example. *International Journal of Innovation*, 7(2), 236-251. <https://doi.org/10.5585/iji>
- Duro, K., Sunčica, S., Svetlana, L., & Sanja, P. (2020), *Industrija. Uticaj ulaganja u istraživanje i razvoj na ekonomski rast u Republici Srbiji*, 48(1), 23-46.
- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- Greene, W. (2012). *Econometric Analysis* (7^a Ed.). New York: Pearson Education. https://www.academia.edu/37844952/Greene_2012_Econometric_Analysis_7th_Edition
- Grossman, G., & Helpman, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/innovation-and-growth-global-economy>
- Guangzhou, A. (2001). Ownership, government R&D, and productivity in Chinese industry. *Journal of Comparative Economics*, 29(1), 136-157. <https://doi.org/10.1006/jcec.2000.1704>
- Gujarati, D.N., & Porter, D.C. (2009). *Econometria* (5^a Ed.). México: McGraw-Hill. https://www.academia.edu/15152239/Econometria_-_Damodar_N._Gujarati
- Jones, C. (1995). R&D-based models economic growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), 759-784. <http://dx.doi.org/10.1561/08000000026>
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Nekrep, A., Strašek, S., & Boršič, D. (2018). Productivity and Economic Growth in the European Union: Impact of Investment in Research and Development, *Naše gospodarstvo/Our economy*, 64(1), 18-27.
- Pessoa, A. (2010). R&D and economic growth: How strong is the link? *Economics Letters*, 107(2), 152-154. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2010.01.010>
- Rajeev, K., Payne, J., & Rati, R. (2008). R&D expenditures and U.S. economic growth: a disaggregated approach. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2007.04.008>
- Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500-521.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037. <https://doi.org/10.1086/261420>

- Shefer, D., & Frenkel, A. (2005). R&D firm size and innovation: an empirical analysis. *Technovation*, 25(1), 25-32. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00152-4)
- Schumpeter, J.A. (1911). *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*. Leipzig: Verlag von Duncker und Humblot.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics Review*, 70(1), 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Teubal, M. (1996). R&D and technology policy in NICs as learning processes. *World Development*, 24(3), 449-460. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00156-7](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00156-7)
- Thompson, M. (2018). Social capital, innovation and economic growth. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 73, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2018.01.005>
- Wakelin, K. (2001). Productivity growth and R&D expenditure in UK manufacturing firms. *Research Policy*, 30(7), 1079-1090. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00136-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00136-0)
- Wooldridge, J. (2011). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (4th. Ed.). México: Cengage Learning.
https://www.academia.edu/30200962/Introducci%C3%B3n_A_La_Econometr%C3%ADa_-_4edi_Wooldridge
- World Development Indicators (2019). The World Bank, Washington, DC.
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>



Analysis of the use of industry 4.0 technologies as competitive advantage

LEÓN GARCÍA, OMAR ALEXÁNDER
Compensar Fundación Universitaria (Colombia)
Correo electrónico: omarleon@ucompensar.edu.co

MADINABEITIA, DAMIÁN
Mondragón Unibertsitatea (España)
Correo electrónico: dmadinabeitia@mondragon.edu

ABSTRACT

Industry 4.0 was born amid a technological breakthrough and development which set information out to become a valuable element in strengthening competitive advantages and innovation processes to improve organizations productivity performance. For this, the scientific and business community is debating the negative and positive effects of these technologies and their relationship with business management, in the search for sustainable solutions for organizations. In this sense, the main purpose of this article is to identify the perceptions of SME managers in Colombia on the importance of implementing information technologies to promote competitive advantages that match the pace of industry 4.0. The research method used in the study was analysed by sampling using the questionnaire as a data collection tool. 75 managers provided complete and useful answers to this research. The collected data were analysed using different regression models were carried out; showing like principal results that a greater use of these technologies generates a positive impact on the competitive advantage related to price/cost, quality, delivery reliability, product innovation and time to market. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) was used to the analysis.

Keywords: Industry 4.0; technology; competitive advantage; business performance.

JEL classification: O14, M15.

MSC2010: 62J05, 62P25.

Análisis del uso de las tecnologías de la industria 4.0 como ventaja competitiva

RESUMEN

La Industria 4.0 nació debido a un gran avance y desarrollo tecnológico que han llevado a que la información se convierta en un elemento valioso para fortalecer ventajas competitivas y procesos de innovación para mejorar el desempeño productivo de las organizaciones. Para esto, la comunidad científica y empresarial está debatiendo sobre los efectos negativos y positivos de estas tecnologías y su relación con la gestión empresarial, en la búsqueda de soluciones sostenibles para las organizaciones. En este sentido, el objetivo principal de este artículo es identificar las percepciones de los gerentes de pymes en Colombia sobre la importancia de implementar tecnologías de la información para promover ventajas competitivas que coincidan con el ritmo de la industria 4.0. El método de investigación utilizado en el estudio se analizó mediante muestreo utilizando el cuestionario como herramienta de recolección de datos. 75 gerentes proporcionaron respuestas completas y útiles a esta investigación. Los datos recolectados se analizaron mediante diferentes modelos de regresión que se llevaron a cabo; mostrando como principales resultados que un mayor uso de estas tecnologías genera un impacto positivo en la ventaja competitiva relacionada con precio / costo, calidad, confiabilidad en la entrega, innovación de producto y tiempo de comercialización. Para el análisis se utilizó el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS).

Palabras clave: industria 4.0; tecnología; ventaja competitiva; rendimiento empresarial.

Clasificación JEL: O14, M15.

MSC2010: 62J05, 62P25.



1. Introduction

Industry 4.0 is a term that was defined in Germany in early 2010 in reference to industry digital transformation known as “smart factory” or “industrial internet”, thus coining it as the fourth industrial revolution (Morales, España, Zárate, González, & Frías, 2017). This new industrial revolution is based on the development of intelligent process chains, that communicate with each other as in means of production, machines, components, human talent, etc. (Magruk, 2016). In this way, Industry 4.0 is constituted as an alternative to adapt to the changes brought about by market demand, based on interconnection elements, generating greater customer satisfaction and a considerable improvement in business performance.

According to Lobova, Bykovskaya, Vlasova, and Sidorenko (2019), the concept of Industry 4.0 is attractive to both modern academic and economic contexts for two main reasons; the first being that innovation is linked to socio-technological progress that reconditions the new industrial revolution and that is expected throughout the global economy; the second reason is based on the expected high effectiveness of Industry 4.0 and its ability to solve modern global issues. Despite the intense growth in production volumes, modern technologies are lagging with regards to the increase in the consumption needs of society, this is mainly caused by social problems instead of natural ones, meaning that they are mostly artificially created.

Likewise, it is noticeable that companies today are focusing on the creation of value for the customer, who are increasingly aware and demanding regarding delivery time services, product availability and reliability (Witkowski, 2017). Also, companies can find developing these new technologies and identifying their competitive advantages as a great ally to towards achieving their strategic objectives. Advances in this regard are aimed at optimizing costs and reducing deadlines, reaching new markets, and facilitating consumer analysis. Therefore, offer companies new alternatives for doing business and gives them the ability to adapt to new changes in the market, facilitating the exchange of digital information between buyers and suppliers, increasing their interaction, trust and distribution benefits (Müller, Veile, & Voigt, 2020).

In accordance with this, and following Industry 4.0 concepts, new technologies have been developed where the use of these resources is a fundamental component in the optimization of company processes thus generating or strengthening their competitive advantages. This development also proposes new business management models supported by these technologies (Internet of Things, Big Data, robotics, etc.), matching the needs of the value chain and involving all actors in the product life cycle, from design to customer service. Thanks to these technologies, opportunities are created to satisfy customer needs, logistics processes and supply chain management (Witkowski, 2017). Industry 4.0 technologies for businesses; it provides benefits such as improvement in sales, increase in production amount and per capita production, increase in capacity, improvement in production speed and quality (Calış & Akdemir, 2021).

However, not each of these new alternatives offered by Industry 4.0 are within everyone's reach; some because of the expensive cost of adopting them, gaps in personnel expertise, needs of organizational culture, lack of internal training in the digital domain, and others (Türkeş et al., 2019). Additionally, and according to Shamim, Cang, Yu, and Li (2016), quantitative studies are needed to demonstrate the impact of these technologies on the different processes of a company, and to make it easier for managers to make investment decisions and adopt these technologies in each of their processes. In this sense, it is necessary to identify which elements can be benefited within an organization to facilitate the decision-making of managers in the implementation of these technologies.

This study will motivate the transition of organizations to Industry 4.0 and the results will provide managers with guidance to identify their benefits, define priorities, be a guide for the evaluation of Industry 4.0 and provide real possibilities to make appropriate decisions in this area. For this, the objective of this study is to empirically demonstrate the relationship between the use of Industry 4.0 technologies and the creation of a competitive advantage in organizations. To conclude, the goal is to

demonstrate and contribute to the academic and business community that those companies that use these technologies to a greater extent, will more easily identify their competitive advantages to face, more demanding markets within their own potential.

2. Literature review

We are witnessing a new industrial revolution known as Industry 4.0, which has a high impact on company production and management. This new industrial revolution is strongly based on technological innovation due to developments, such as IoT (Internet of Things), Big Data, Business Analytics, robotics, flexible production, 3D printing, among others. Its incorporation has been a great challenge for organizations as well as a reality that has quickly gained notoriety in the development of competitive and strategic advantages. These technological advances allow automation in almost all fields and combines the physical, digital, and biological worlds, fundamentally changing life patterns and human interaction.

Studies related to the adoption of industry 4.0 indicate that the most developed countries have come a long way, which explains why organizations today are more prepared to implement these technologies (Lobova et al., 2019). However, this situation is not the same for all types of companies, finding differences between large companies and Small and medium-sized enterprises SMEs, the former being the most prepared (Horváth & Szabó, 2019). Other studies show that organizations differ greatly in terms of what types and how many technologies they should adopt and how far along they are in their level of implementation (Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018). Added to this, several organizations lack the understanding of the industry 4.0 concept, which leads to attitude issues towards its adoption, as well as decision making issues; meaning that some managers are less inclined to towards adopting these technologies and strategies in their organization (Hamada, 2019).

On the other hand, research has confirmed the positive impact of technologies in company performance, not only in terms of productivity, but also processes, quality of services, market share, flexibility, value chain management, customer satisfaction, innovation, etc. (Bayo, Billón, & Lera, 2008). In this sense, industry 4.0 technologies present an approach with high expectations in terms of performance improvement as a result of their implementation, demonstrating that they can not only be used to perform internal optimizations, but also have high potential to offer their own services to the market (Müller & Däschle, 2018). This confirms that its potential for technological development will be reflected positively at the level of industrial performance and sustainable performance in SMEs (Büchi, Cugno, & Castagnoli, 2020; Dalenogare et al., 2018; Ghobakhloo, 2020; Haseeb, Hussain, Ślusarczyk, & Jermisittiparsert, 2019; Nara et al., 2021).

Likewise, technologies related to industry 4.0 (big data techniques, machine learning, data mining, crowdsourcing and time frequency analysis, etc.) have been developed to obtain useful information that helps organizations understand current and past market behaviors to predict their future needs and direction by producing innovative business models, projects, products, and services. Leveraging large volumes of data yields enormous benefits as they can be used to reduce production costs and working capital, and to further increase productivity, improve quality, and generate more business revenue for both sectors (Berawi, 2018). In addition, intelligent systems could improve the flexibility and performance of the supply chain, which would allow organizations to be better prepared to face and recover from unexpected events and respond to highly dynamic factors in the business environment (Ralston & Blackhurst, 2020). For this, it is important that companies recognize that the use of these technologies makes the flow of information between the production line, business management and supply chain management more transparent and organized, reflecting in the reduction of labor costs (Fatorachian & Kazemi, 2020).

3. Industry 4.0 as a competitive advantage

Competitive advantage is the ability companies must formulate strategies that allow achieving profit opportunities through maximizing the income of the investments made. According to Malik (2019), there are at least two basic principles that companies must have to achieve a competitive advantage; the value of customer opinions and the uniqueness of their products. The value perspective is given by the customer's opinion, who obtains a certain value from economic transactions with the company, which is why, the company should focus on the customer's needs and expectations. On the other hand, the uniqueness of the product is characterized by the goods and services developed by the company that cannot be easily imitated by competitors.

The future of SMEs depends on the recognition of their own strengths which, to a large extent, give them the ability to respond to their clients' expectations while maintaining a competitive advantage in their respective market (Moeuf, Pellerin, Lamouri, Tamayo-Giraldo, & Barbaray, 2018). In this sense, and according to Bratić (2011), some of the dimensions that must be taken into account to evaluate the competitive advantage of a company are regarding price / cost (an organization is capable of competing against the main competitors based on low price); quality (an organization is capable of offering product quality and performance that creates greater value for customers); confidence in delivery (an organization is capable of providing the type and volume of products requested by the customer on time); innovation product (an organization is capable of introducing new products with new characteristics to the market); customer needs (customer demand for new features is well addressed); time to market (the organization is capable of introducing new products faster than its main competitors). In this line, and according to Masood and Sonntag (2020), each of these dimensions identifies key benefits through the implementation of industry 4.0 and that are also documented in the literature and that include: cost reduction, quality improvements, efficiency, flexibility and productivity, and competitive advantage (Kusiak, 2018).

The development of these dimensions will allow the business to define its strategy and the necessary tools to guide its processes. In this sense, applying information technologies can be one of the main enhancers of such dimensions and, at the same time, a generator of competitive advantages due to the fact that contemporary companies are widely using the technology roadmap as a framework to support future technologies that could maintain a competitive advantage in research and development (Lee, Phaal, & Lee, 2013).

Likewise, industrial production must take advantage current technologies and make extensive use of them to meet heterogeneous customer needs through individualization and the realization of scale effects throughout the value chain (Brettel, Friederichsen, Keller, & Rosenberg, 2014). To achieve greater efficiency and competitiveness in these processes, companies that are heading towards Industry 4.0 must be aware of the innovation opportunities that are presented to them (Pereira & Romero, 2017). Therefore, Industry 4.0 is characterized by innovation and the introduction of new products and services as integrated systems that can be responsive and interactive being able to manage and track its activity in real time, optimizing the entire value chain and providing relevant information about its state during its life cycle (Kagermann, Helbig, Hellinger, & Wahlster, 2013).

For Witkowski (2017), the automation process developed by 4.0 technologies facilitates supply chain segmentation focusing on customer demands and specific needs, which helps reduce stock volume and, therefore, optimize costs. Likewise, through the use of advanced algorithms, the software allows to calculate the optimal intermediate transport routes and allows the manufacturing process to be carried out with the aim of obtaining the lowest cost or time (Trstenjak & Cosic, 2017). In addition, companies can achieve improvements in their performance in terms of flexibility, costs, productivity, quality, and delivery times using these technologies. Nonetheless, it is important that they recognize the need for a new set of managerial capacities that this new management model demands (Moeuf et al., 2018).

Thus, this automation and connectivity in value chains leads to reduced delivery times and improved quality (Oesterreich & Teuteberg, 2016). The use of these technologies and integration within

the different actors and stakeholders of the supply chain will guarantee full coordination and alignment within each phase of the value chain. Thus, for example, the transports will be able to communicate their location and expected arrival time to the intelligent warehouse management system, which will be able to select and prepare their arrival, thus optimizing the delivery time in the appropriate and required sequence. Simultaneously, RFID sensors will report what has been delivered and send tracking and location data throughout the supply chain. The system will automatically allocate storage space according to delivery details and autonomously order the right equipment to move the goods to the right location (Barreto, Amaral, & Pereira, 2017).

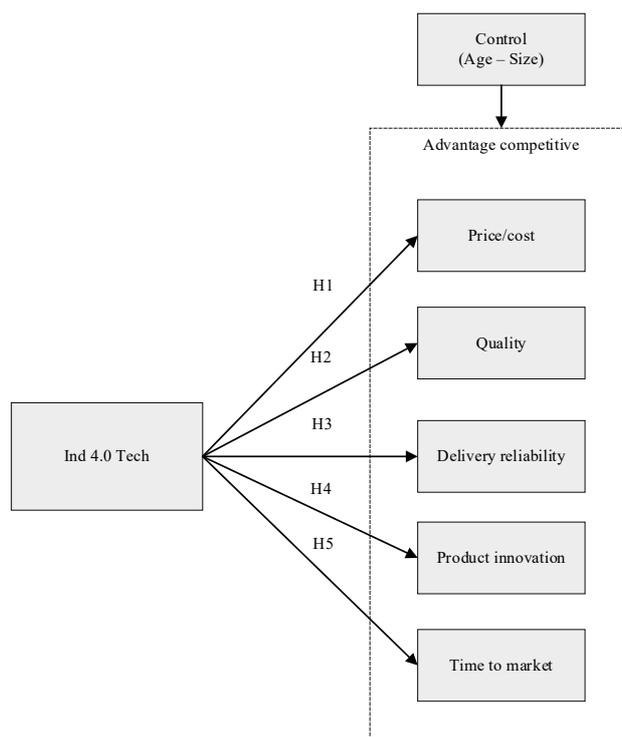
Due to Industry 4.0 growth out of a breakthrough in information and data technology, we now have valuable insight that will allow companies to better organize and manage their systems and improve productivity performance and further innovation in order to deliver more competitive advantages for organizations (Berawi, 2018). With the use of these technological and human talent improvements, higher product quality and income are also expected with less delivery time (manufacturing) and low product cost (Trstenjak & Cosic, 2017). Finally, this technological development has also allowed an industrial symbiosis, which describes the cooperation (between companies) of different factories as an alternative to obtain a competitive advantage through trade and product exchange, materials, energy, water and intelligent data to a local level. This concept towards an integral efficiency of resources is described as one of the essential advantages of Industry 4.0 (Stock & Seliger, 2016).

Finally, and as mentioned above, Industry 4.0 is a very broad research area where it is necessary to quantitatively demonstrate which elements can be benefited within an organization to facilitate the decision-making of managers in the implementation of these technologies. Based on the literature adjacent to Industry 4.0, which shows the benefits of the use of these technologies and their impact as a competitive advantage within the dimensions proposed by Bratić (2011) (price, quality, delivery reliability, product innovation and time marketing), the following are proposed as study hypotheses:

- Hypothesis 1: The level of use of industry 4.0 technologies is positively linked to a better price as a competitive advantage.
- Hypothesis 2: The level of use of industry 4.0 technologies is positively linked to product quality as a competitive advantage.
- Hypothesis 3: The level of use of industry 4.0 technologies is positively linked to the reliability of product delivery as a competitive advantage.
- Hypothesis 4: The level of use of industry 4.0 technologies is positively linked to product innovation as a competitive advantage.
- Hypothesis 5: The level of use of industry 4.0 technologies is positively linked to time to market the product as a competitive advantage.

In accordance with these hypotheses, a theoretical research model is presented with which it is intended to relate the study variables and respond to the proposed research objective. These variables and hypotheses organized in Figure 1 have been the support for the design of the research instruments that have been applied within the study sample. The variables age and size have been taken as control variables.

Figure 1. Theoretical research model.



Source: Own elaboration.

Unlike previous studies (Adamik & Nowicki, 2018; Natalia & Ellitan, 2019; Pietrewicz, 2019), this document combines competitive advantage variables to provide a better interpretation of Industry 4.0. To our knowledge, no previous empirical work has considered the context of competitive advantage in all its dimensions, which is essential to understand the phenomenon.

The importance of these analysis elements lies in the fact that organizations can achieve a competitive advantage using these information technologies, which have contributed significantly to the economic and social development of today's society (Rivero, Soler, & Delgado, 2022). For this it is important to know that today's customer sees each of these elements as tacit in the product or service delivered by the company, which frames the importance of its analysis. In addition to this, it is important to understand its application in these business aspects of competitive advantage to facilitate its implementation processes (Wippel, 2021).

4. Method

This study has the characteristics of a quantitative approach, since “It uses data collection to test hypotheses and is based on numerical measurement and statistical analysis to establish behavioral patterns and test theories” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, p.4). Likewise, it has both descriptive and correlational study conditions, since it describes trends in a group and associates variables using a predictable pattern for a target population. The data was obtained through a questionnaire aimed at identifying the use of Industry 4.0 technologies for business development. The questionnaire focused on SMEs and was distributed in the months of February to April 2020 in various industrial sectors. Different free databases were used to identify the relevant population. All the companies were contacted via email and some in person. In total, 98 questionnaires were received, of which 23 were cancelled because they were not adequately completed or did not meet the sample characteristics. The study sample consisted of 75 companies of different sectors that answered the questionnaire (95% confidence level, $pq = 0.50$: 11.3%). The highest percentage of the sample obtained

was from the Information and communications (29.1%), services sector (22.8%), Manufacturing industries (18.1%) and professional, scientific, and technical activities (10.2%). Table 1 shows the distribution of the sample classified according to economic activity.

Table 1. Distribution of the sample by economic activity.

Activity	Sample percentage
Information and communications	29.1
Other service activities	22.8
Manufacturing industries	18.1
Professional, scientific, and technical activities	10.2
Construction	4.7
Transport and storage	3.1
Agriculture, livestock, hunting, forestry, and fishing	1.6
Accommodation and food services	1.6
Administrative and support service activities	1.6
Education	1.6
Electricity, gas, steam, and air conditioning supply	0.8
Water distribution, waste management and environmental sanitation activities	0.8
Wholesale and Retail; repair of motor vehicles and motorcycles	0.8
Financial and insurance activities	0.8
Real estate activities	0.8
Artistic, entertainment and recreation activities	0.8
Activities of extraterritorial organizations and entities	0.8

Source: Own elaboration.

To measure the use of industry 4.0 technologies within the company, entrepreneurs were asked to indicate how they consider the level of use of each (1. Big Data and Analytics, 2. Autonomous robots, 3. Simulation, 4. Horizontal and vertical system integration, 5. Internet of Things, 6. Cybersecurity, 7. Additive Manufacturing, 8. Augmented Reality, 9. Cloud Computing, 10. Mobile Technologies, 11. Artificial Intelligence, 12. Radio Frequency Identification (RFID) and Real-Time Location System Technologies). This variable consists of the arithmetic mean obtained from a Five-point Likert scale (Alpha Cronbach (0.950), KMO (0.900) and Bartlett (0.000)). In addition, the McDonald's omega has been used to confirm the reliability of the scale. For this, the omega coefficient, unlike the alpha coefficient, works with factor loadings that are the weighted sum of the standardized variables, a transformation that makes the calculations more stable and reflects the true level of reliability (Hayes & Coutts, 2020). To consider an acceptable value of reliability through the omega coefficient, they must be above 0.700 (Streiner, 2003). For this case the value obtained is 0.948.

Regarding the level of company competitive advantage, a multidimensional model based on Bratić (2011), has been proposed to measure it, for which the following 5 dimensions have been chosen: price, quality, delivery reliability, product innovation and time to market. This variable consists of the arithmetic mean obtained from a five-point Likert scale in each of the evaluated dimensions where 1 means that the respondent strongly disagrees and 5 that he strongly agrees. Likewise, the KMO is also

adequate, being 0.889 and the Bartlett Test of Sphericity significant (0.000). On the other hand, the communalities also confirm the suitability of the technique by presenting values for all variables greater than 0.600. Table 2 shows how Cronbach's Alpha statistic validates the scale used (appropriate according to the number of items of each variable).

Table 2 Validation of competitive advantage scales.

Variable	Number of Item	Cronbach's alpha
Price/Cost	CA_P1 CA_P2	0,782
Quality	CA_Q1 CA_Q2 CA_Q3 CA_Q4	0,949
Delivery reliability	CA_D1 CA_D2 CA_D3	0,957
Product innovation	CA_PI1 CA_PI2 CA_PI3	0,730
Time to market	CA_T1 CA_T2 CA_T3 CA_T4	0,878
Global competitive advantage	All Items	0,950

Source: Own elaboration.

Although it is recommended to have at least 3 items on the scale or measurement instrument to be able to estimate the value of Cronbach's alpha coefficient, 2 items have been used for the case of the Price/cost variable, validating its reliability and verifying its use in other studies (Abdelkader & Abed, 2016; Abubakar & Mohammad, 2019; Nyuur, Ofori, & Amponsah, 2019).

The variables size (number of employees in the company) and age (number of years since the constitution or the start of the activity) have been taken as control variables. The results of the descriptive analysis and the subsequent regression analysis are presented below to confirm the analyzed variables correlation.

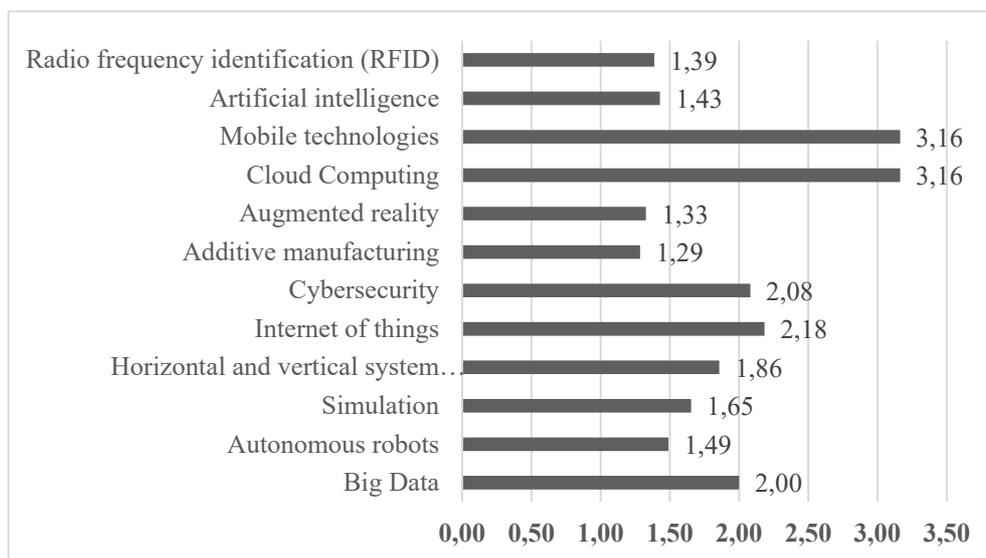
5. Results

5.1. Descriptive analysis

For this analysis, the different variables of interest considered in the research and applied to the sample companies have been reviewed. This analysis describes current state of things regarding the intervening variables: use of industry 4.0 technologies and competitive advantage, which provides information that facilitates the interpretation of subsequent analyses.

The results obtained in the sample showed that the average use of Industry 4.0 Technologies in the surveyed companies is 1.92 out of 5.0; indicating that there continues to be a very low rating, evidence that concurs with other studies (Stentoft, Jensen, Philipsen, & Haug, 2019). After thorough analysis of each of these technologies, it is observed that cloud computing (3.16) and mobile technologies (3.16) are the ones with the highest assessment, which in turn reflects the commitment companies have for these technologies. Likewise, the Internet of Things (2.18) has been showing an increase in its application in companies. Contrary to this, the use of autonomous robots (1.33), and additive manufacturing (1.3) present the lowest assessment and show a still incipient development in the companies and industries of the region. One of the main reasons for the low use of such technologies may be related to purchasing and supply chain necessary for its implementation and operation to be viable. The assessments of each of the technologies is shown in Graph 1.

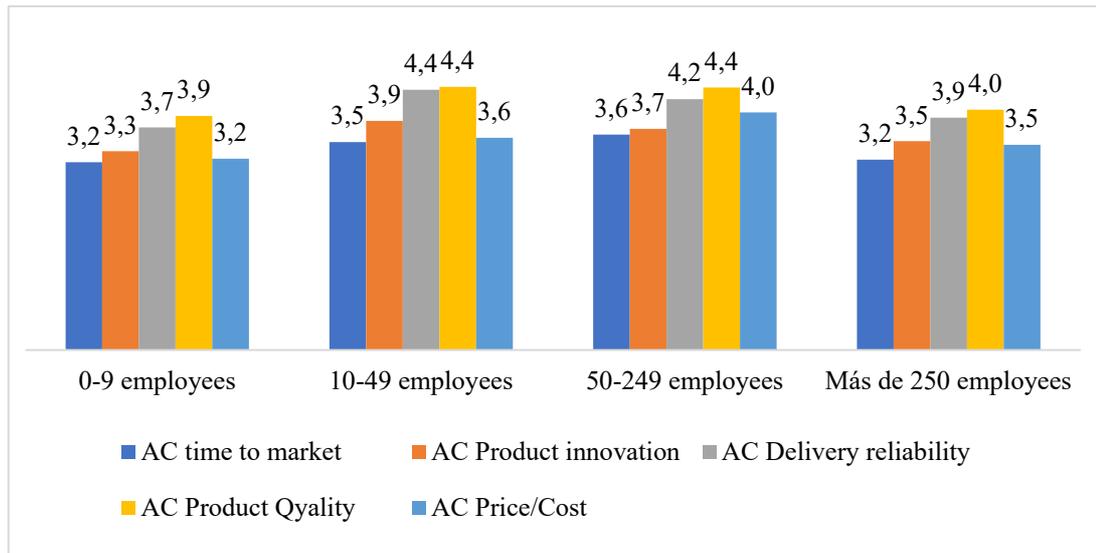
Graph 1. Average of the individual assessment of industry 4.0 technologies in companies.



Source: Own elaboration.

Regarding the results on the competitive advantage, companies consider themselves to be more competitive with respect to quality (4.1) and delivery commitments (3.9) than in other dimensions. This indicates that companies are committed to meeting the quality requirements demanded by the client and delivering their products on time. When it comes to product innovation, the scores are relatively average (3.5) compared to the other dimensions. For example, price / cost (3.4) and time to market (3.3); although not low, there is a decrease in the assessment of these aspects. Graph 2 shows that, according to company size, those with less than 10 employees have a lower average in terms of these dimensions of competitive advantage compared to medium and large companies. Likewise, it is evident that all companies, regardless of size, have a greater commitment to product quality than to other dimensions.

Graph 2. Analysis of competitive advantage by company size.



Source: Own elaboration.

5.2. Relational analysis

According to the definition of competitive advantage, the hypotheses suggest that the use of Industry 4.0 technologies can be an important factor for companies to improve and strength then each of the dimensions and aspects that make them more competitive. To test the presented hypotheses the Ordinary Least Squares (OLS) is used. OLS is the best known and most used regression technique in the social sciences, including organizational management in which this research is oriented. Provides a global model of the variable or process you are trying to understand or anticipate; creates a simple regression equation to represent that process. Regression is used to evaluate the relationships that exist between two or more feature attributes. Identifying and measuring relationships allows you to better understand what is happening in a place, anticipate where something is likely to happen, or examine the causes that make something happen in a particular place. This characteristic is important for this study since it allows developing managerial implications (Hair et al., 2010). The following model was considered, using a linear regression by OLS.

$$Y_i = b_0 + b_1Ind4.0_TechC_i + b_2Size_i + b_3Age_i + \epsilon_i.$$

The size and age of the company have been taken as control variables. Table 3 summarizes each of the variables used.

Table 3. Summary of Industry 4.0 relation variables and competitive advantage.

Dependent variable Y_i	
AC_P/C	Price/Cost as competitive advantage
AC_Q	Quality as competitive advantage
AC_D	Delivery reliability as competitive advantage
AC_IP	Product innovation as competitive advantage
AC_TM	Time to market as competitive advantage
AC_Global	Global assessment as competitive advantage

Explanatory variable	
Ind4.0_Tech	Degree of company use of Industry 4.0 Technologies
Control	
Size	Number of employees
Age	Years of economic activity

Source: Own elaboration.

On the other hand, Table 4 shows the results of the estimate made to examine the relations between the degree of use of Industry 4.0 Technologies and the five dimensions of the advantage competitive. This analysis aims to validate the 5 hypotheses raised that relate the use of these emerging technologies to the generation of competitive advantages. The data was processed using multiple linear regressions by OLS; confirming that the repressors of all the models presented an inflation factor of variance (VIF) that ruled out the presence of multicollinearity.

Table 4. Summary model use of industry 4.0 technologies and competitive advantage.

	AC_P/C	AC_Q	AC_D	AC_IP	AC_TM	AC_Global
Ind4.0_Tech	0.388**	0,406**	0,407**	0,476***	0,491***	0,513***
	2.576	2658	2,662**	3,227***	3,349***	3551***
F	3.076**	2.546**	2,533*	3.802**	3,093**	4.623***
R2 adjusted	0,115	0,088	0,087	0,149	0,160	0,185
Durbin-Watson	1.524	2.063	2.313	2.692	2.117	2.216
Notes: * = p £ 0.1; ** = p £ 0.05; *** = p £ 0.01. Under each standardized coefficient, in parentheses, the value of the t-student statistic. Highest VIF: 1,230. Residual mean for all models 0.000						

Source: Own elaboration.

It is then observed that the use of industry 4.0 technologies in companies generates a positive impact on the perception of competitive advantage at a general level, finding a positive and significant statistic 0.388 ($p < 0.05$). This show that the use of the different technological tools focused on Industry 4.0 are key to improving, in general, the aspects and skills related to competitive advantage in organizations.

Regarding the relationship between technologies related to industry 4.0 and price / cost as a competitive advantage, it is statistically positive and significant 0.406 ($p < 0.05$); confirming that the use of these technologies is associated with a decrease in sale prices. Therefore, the hypothesis is verified (1), and the results are consistent with other authors (Trstenjak & Cosic, 2017). These results show that these technological advances have been aimed at optimizing manufacturing costs and can generate favorable results in this regard for companies as well as for clients.

In the same way, the statistical analysis has identified a significant coefficient between the relationship of using these technologies and the product quality as a competitive advantage 0.406 ($p < 0.05$); this indicates that the use of these technologies in the analyzed companies is associated to better quality product development by said organizations. This result is consistent with what was exposed by Trstenjak and Cosic (2017) with the hypothesis verified (2). Likewise, regarding the relationship of these technologies with delivery times, 0.407 ($p < 0.05$) it is statistically positive and significant, which reveals that the use of these technologies is associated with a decrease in product delivery times

(hypothesis 3). In addition, and in accordance with Trstenjak and Cosic (2017) it is a fact that these technological improvements, accompanied by a qualified human talent, provide greater productivity with less product delivery time (manufacturing).

On the other hand, the relationship between industry 4.0 technologies and product innovation is statistically positive and significant 0.476 ($p < 0.05$); indicating that the use of the analysed technologies means that companies can use the design and innovation of new products as a competitive advantage, for which the hypothesis is tested (4). These results are in agreement with (Alvarez-Aros & Bernal-Torres, 2021; Shamim et al., 2016; Wilkesmann & Wilkesmann, 2018), who proposes that the development of industry 4.0 is compatible and is a strategy that leads to innovation, and, thus, can also be used as a competitive advantage (Berawi, 2018). This is seen in technologies such as additive manufacturing (represented by 3D printing) which is associated with the expected benefits for the development of new products.

Regarding the relationship of the competitive advantage with the time to market, a significant coefficient of 0.491 ($p < 0.01$) has been identified, which reveals that the use of Industry 4.0 Technologies in the analyzed companies is associated with a lower time expectation for companies to bring new products to the market, for which the hypothesis is tested (5). This shows that progress in this regard is also directed towards the reduction of terms and commercialization, giving companies the ability to adapt to new changes in a market that requires greater speed in the purchasing and sales processes.

Once it has been determined that the relationship of the variable ind.4.0 and each of the competitive advantage variables are positive and statistically significant, it can be concluded that it confirms that the variables are linearly related and that the hypotheses initially raised are confirmed. It can be seen in Figure 2.

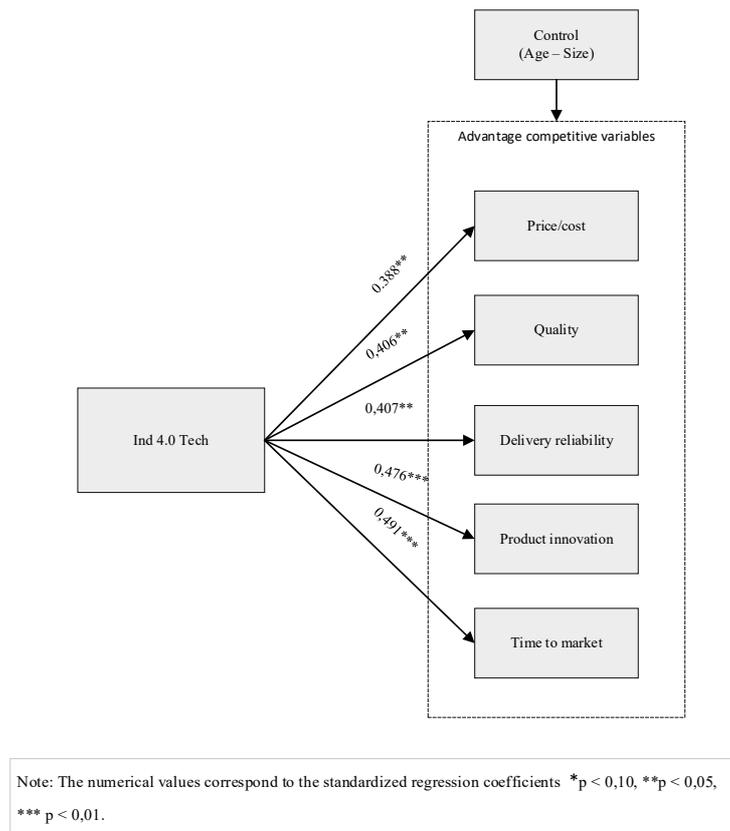
According to our preliminary determination, to drive the successful adoption of Industry 4.0 technologies, companies must have a clear understanding of the benefit of implementing these technologies to generate competitive advantages for their organization in a rapidly changing environment. In this sense, these results satisfactorily demonstrate that the company will be able to strengthen its competencies face to face other organizations with respect to price, product quality, product delivery, innovation, and time to market.

6. Conclusions

Industry 4.0 has been presented as an important alternative to improve the competitive advantages of companies based on the growing volume of data that facilitates decision-making processes and enables new customer requirements to be met. These improvements in competitive advantages are due to the development of new information technologies, which are clearly seen in the different dimensions such as price / cost, quality, product innovation, time to market and delivery times.

Both the literature and the results of this research show that the fourth industrial revolution presents several challenges for companies. We identified a factor that was little covered in previous studies: empirically demonstrating the relationship of industry 4.0 technologies with the generation of competitive advantages. As with any change, organizational resistance to the introduction of new technologies can be expected. For the rest, studies like this one are necessary to facilitate decision-making by managers to move towards this new type of industry.

Figure 2. Representation of the relationships between the Ind 4.0 variable and the competitive advantage variables.



Source: Own elaboration.

The empirical analysis suggested that companies are keen on improving their competitive advantages using technologies related to industry 4.0. Therefore, the adoption of these technologies seems to be keen on improving company that intends to carry out innovative activities and stay afloat in increasingly demanding markets. Despite these findings, and because the implementation of these technologies is still very low, companies still seem to have little confidence in the investment that must be made in these resources. Therefore, we have proposed an explanatory model regarding the use of these technologies, in aspects related to the competitive advantages dimensions. The development of this model can be valuable for the analysis of organizational policies that motivate its implementation and facilitate the company's decision-making so that its development matches the pace that industry 4.0 has been imposing.

Studies related to Industry 4.0 have been growing in recent years, leading to several new research questions. In the future, researchers should explore more aspects related to the management of the implementation of projects related to Industry 4.0 and how these can affect working and leadership conditions.

Acknowledgements

This paper is the result of an in-progress research project, developed in the GIIS research group and funded by the Compensar Fundación Universitaria and Draco Services Company in the city of Bogotá (Colombia). Address Avenida (Calle) 32 No. 17 - 30 and Carrera 7H bis # 159 - 23 (respectively).

References

- Abdelkader, B., & Abed, B. (2016). The effect of information technology on competitive advantage of firm: the role of environmental uncertainty. *The International Journal of Management Science and Information Technology (IJMSIT)*, 22, 16-39.
- Abubakar, I., & Mohammad, H.I. (2019). Linking Product Line Strategies to Competitive Advantage: An Empirical Study of Nigerian Food and Beverages Industry. *SEISENSE Journal of Management*, 2(4), 65-78.
- Adamik, A., & Nowicki, M. (2018). Preparedness of companies for digital transformation and creating a competitive advantage in the age of Industry 4.0. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 12(1), 10-24. <https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0003>
- Alvarez-Aros, E.L., & Bernal-Torres, C.A. (2021). Technological competitiveness and emerging technologies in industry 4.0 and industry 5.0. [Article]. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias*, 93(1), 0191290. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191290>
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Bayo, M.A., Billón, M., & Lera, F. (2008). Skills, technology and organisational innovation in Spanish firms. *International Journal of Manpower*, 29(2), 122-145. <https://doi.org/10.1108/01437720810872695>
- Berawi, M.A. (2018). Utilizing big data in industry 4.0: Managing competitive advantages and business ethics. *International Journal of Technology*, 3(1), 430-433. doi: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i3.1948>
- Bratić, D. (2011). Achieving a competitive advantage by SCM. *IBIMA Business Review*, 2011, 1-13. <https://doi.org/10.5171/2011.957583>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International journal of mechanical, industrial science and engineering*, 8(1), 37-44. <http://waset.org/publications/9997144/how-virtualization-decentralization-and-network-building-change-the-manufacturing-landscape-an-industry-4.0-perspective>
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.
- Calış, M., & Akdemir, B. (2021). A study to determine the effects of industry 4.0 technology components on organizational performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120615. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120615>
- Dalenogare, L.S., Benitez, G.B., Ayala, N.F., & Frank, A.G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2020). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1712487>
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>

- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. (2010). *Multivariate Data Analysis*, 7th ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Hamada, T. (2019). Determinants of Decision-Makers' Attitudes toward Industry 4.0 Adaptation. *Social Sciences*, 8(5), 140. <https://doi.org/10.3390/socsci8050140>
- Haseeb, M., Hussain, H.I., Ślusarczyk, B., & Jermittiparsert, K. (2019). Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance. *Social Sciences*, 8(5), 154. <https://doi.org/10.3390/socsci8050154>
- Hayes, A.F., & Coutts, J.J. (2020). Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability. But... *Communication Methods and Measures*, 14(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*, 5th ed. McGraw - Hill/ Interamericana Editores.
- Horváth, D., & Szabó, R.Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry*; final report of the Industrie 4.0 Working Group. http://thuvienso.dastic.vn:8080/dspace/handle/TTKHCNDaNang_123456789/357
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517.
- Lee, J.H., Phaal, R., & Lee, S.-H. (2013). An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(2), 286-306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.020>
- Lobova, S.V., Bykovskaya, N.V., Vlasova, I.M., & Sidorenko, O.V. (2019). Successful experience of formation of industry 4.0 in various countries. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 121-129): Springer.
- Magruk, A. (2016). Uncertainty in the sphere of the industry 4.0—potential areas to research. *Business, Management and Education*, 14(2), 275-291. <https://doi.org/10.3846/bme.2016.332>
- Malik, A. (2019). Creating competitive advantage through source basic capital strategic humanity in the industrial age 4.0. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4(1), 209-215. <https://www.irjaes.com/pdf/V4N1Y18-IRJAES/IRJAES-V4N1P195Y19.pdf>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in industry*, 121, 103261. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Morales, P.G., España, J.A.A., Zárate, J.E.G., González, C.C.O., & Frías, T.E.R. (2017). La nube al servicio de las pymes en dirección a la industria 4.0. *Pistas Educativas*, 39(126), 85-98. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>

- Müller, J.M., & Däschle, S. (2018). Business Model Innovation of Industry 4.0 Solution Providers Towards Customer Process Innovation. *Processes*, 6(12), 260. <https://doi.org/10.3390/pr6120260>
- Müller, J.M., Veile, J.W., & Voigt, K.-I. (2020). Prerequisites and incentives for digital information sharing in Industry 4.0—An international comparison across data types. *Computers & Industrial Engineering*, 148, 106733. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106733>
- Nara, E.O.B., da Costa, M.B., Baierle, I.C., Schaefer, J.L., Benitez, G.B., do Santos, L.M.A.L., & Benitez, L.B. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 102-122. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018>
- Natalia, I., & Ellitan, L. (2019). Strategies to achieve competitive advantage in industrial revolution 4.0. *International Journal of Research Culture Society*, 3(6), 10-16.
- Nyuur, R.B., Ofori, D.F., & Amponsah, M.M. (2019). Corporate social responsibility and competitive advantage: A developing country perspective. *Thunderbird International Business Review*, 61(4), 551-564.
- Oesterreich, T.D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in industry*, 83, 121-139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Pereira, A., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Pietrewicz, L. (2019). Technology, business models and competitive advantage in the age of Industry 4.0. *Problemy Zarządzania*, 17(2 (82)), 32-52.
- Ralston, P., & Blackhurst, J. (2020). Industry 4.0 and resilience in the supply chain: a driver of capability enhancement or capability loss? *International Journal of Production Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1736724>
- Rivero, J.M.L., Soler, J.A.P., & Delgado, F.M. (2022). Evaluación del nivel de sostenibilidad en la gestión de las tecnologías y sistemas de información a través de la Lógica Difusa Compensatoria. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 33, 154-168.
- Shamim, S., Cang, S., Yu, H., & Li, Y. (2016). *Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective*. Paper presented at the 2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC).
- Stentoft, J., Jensen, K.W., Philipsen, K., & Haug, A. (2019). *Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence*. Paper presented at the Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541. doi: doi: 10.1016/j.procir.2016.01.129
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personality assessment*, 80(1), 99-103.
- Trstenjak, M., & Cosic, P. (2017). Process planning in Industry 4.0 environment. *Procedia Manufacturing*, 11, 1744-1750. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.303>

- Türkeş, M.C., Oncioiu, I., Aslam, H.D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D.I., & Căpuşneanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3), 153. <https://doi.org/10.3390/pr7030153>
- Wilkesmann, M., & Wilkesmann, U. (2018). Industry 4.0—organizing routines or innovations? *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 48(2), 238-254. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-04-2017-0019>
- Wippel, M. (2021). *Development of a Model for the Implementation of Industry 4.0 Technologies in Rolling Stock Maintenance* [Master's thesis, Stellenbosch University]
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0—innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>



Relationship between Productivity and Efficiency with Sustainable Development Goals: The Case of the Manufacturing Industry in Pichincha, Ecuador

IBUJÉS-VILLACÍS, JUAN

Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)

Correo electrónico: juan.ibujes@epn.edu.ec

FRANCO-CRESPO, ANTONIO

Escuela Politécnica Nacional (Ecuador))

Correo electrónico: antonio.franco@epn.edu.ec

ABSTRACT

In 2015, at the United Nations forum, the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) were approved to be met by 2030. This research aims to know what has been the behavior of productivity and efficiency of the manufacturing industry in the province of Pichincha, Ecuador, and the relationship with the achievement of some goals of the SDG 8, 9 and 12. The research methodology has a quantitative, non-experimental, and longitudinal approach. The information from the economic and financial reports of the manufacturing companies between 2010 and 2018 was processed. The values of efficiency were estimated using the data enveloping analysis technique. With the annual information, the evolution of productivity and efficiency was predicted until 2022. In the nine years, the results show that the productivity indicators and the number of companies that are related to goals 8.2 and 8.3 depend on the size of the companies and would maintain a constant trend until 2022. In addition, in the same period, it was shown that efficiency has had variations, and its trend is to remain constant until 2022, which shows that there will be no progress in meeting the targets 9.4, and 12.2 of the SDGs for this industrial sector.

Keywords: data envelopment analysis; efficiency; forecast; manufacturing industry; productivity; sustainable development goals.

JEL classification: C14, D61, L25, L6, Q01.

MSC2010: 62G05, 62H20, 62P20, 90C08.

Relación entre productividad y eficiencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: el caso de la industria manufacturera en Pichincha, Ecuador

RESUMEN

En 2015, en el foro de Naciones Unidas, se aprobaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para ser cumplidos hasta el 2030. Esta investigación tiene como objetivo conocer cuál ha sido el comportamiento de la productividad y eficiencia de la industria manufacturera en la provincia de Pichincha, Ecuador, y la relación con el logro de algunas metas de los ODS 8, 9 y 12. La metodología de investigación tiene un enfoque cuantitativo, no experimental y longitudinal. Se procesó la información de los informes económicos y financieros de las empresas manufactureras entre 2010 y 2018. Los valores de eficiencia se estimaron mediante la técnica de análisis envolvente de datos. Con la información anual se pronosticó la evolución de la productividad y la eficiencia hasta el 2022. En los nueve años, los resultados muestran que los indicadores de productividad y el número de empresas que se relacionan con las metas 8.2 y 8.3 dependen del tamaño de las empresas y mantendrán una tendencia constante hasta el 2022. Además, en el mismo período, se demostró que la eficiencia ha tenido variaciones, y su tendencia es mantenerse constante hasta el 2022; lo que demuestra que, no habrá avances en el cumplimiento de las metas 9.4, y 12.2 de los ODS para este sector industrial.

Palabras clave: análisis envolvente de datos; eficiencia; pronóstico; industria manufacturera; productividad; objetivos de desarrollo sostenible.

Clasificación JEL: C14, D61, L25, L6, Q01.

MSC2010: 62G05, 62H20, 62P20, 90C08.



1. Introduction

At the Rio + 20 Summit in Rio de Janeiro, Brazil, the United Nations (UN) representatives renewed their political commitment in favor of sustainable development, and the promotion of an institutional framework to promote an economically, socially, and environmentally sustainable future for our planet and present and future generations (United Nations, 2012). This was done to recognize unanimously that the work to alleviate poverty and achieve sustainable economic progress must be a global effort.

Years later, the UN recognized that reducing poverty and close inequality gaps between rich and emerging countries must continue, and proposed new strategies. Thus, in September 2015, representatives of 193 countries approved a resolution in this world forum that included 17 Sustainable Development Goals (SDGs) and 169 targets for 2030 (United Nations, 2015). These objectives, shown in Table 1, are part of the 2030 Agenda for Sustainable Development (United Nations, 2016), and include aspects that range from preserving the environment to governance.

Diverse researches, projects, and public or private initiatives have been carried out related to the progress and challenges of compliance with the SDGs in Ecuador (Ibujés-Villacís & Franco-Crespo, 2019; Technical Secretariat-Plan Ecuador, 2019). However, there are no specific studies on the relationship of the actions of the manufacturing industry with the SDGs. Research on how the industry contributes to sustained, inclusive, and sustainable economic growth is essential to meet significant challenges in promoting inclusive and sustainable industrialization, environmentally and socially responsible business practices, fostering innovation, and providing decent employment (Ali et al., 2018; Betti et al., 2018; Cordova & Celone, 2019; Sullivan et al., 2018).

These challenges are increasingly urgent in a globalized world environment and meeting them will require companies to adopt new technologies gradually, make efficient use of their resources and capacities, and create infrastructures for production to achieve greater internal productivity and competitiveness in the markets (Castells, 1996). As such, this research addresses the productivity, growth, and technical efficiency of the manufacturing industry and its relationship with the SDGs' achievement, taking manufacturing companies in the province of Pichincha in Ecuador as the object of study.

That is why this research contributes to the determination and evaluation of the productivity and efficiency of the manufacturing industry, through the estimation of quantitative indicators in a nine-year time period; achieving an advance compared to other studies that have been carried out in different areas of the Ecuadorian economy and with shorter time horizons (Ibujés-Villacís, 2019; Ibujés-Villacís & Morales, 2018; Ibujés & Benavides, 2017). Therefore, the objective has been to evaluate these indicators' historical behavior and show the changes that have occurred over these nine years with their corresponding trends and do so in such a manner that a way of comparison with the achievement of the SDGs targets can be found.

This work has been structured as follows. In the first part, the researchers execute a theoretical review of the SDGs and the relationship of some of the goals of objectives 8, 9, and 12 with the indicators related to the productivity and efficiency of manufacturing companies. Additionally, the concept of technical efficiency and the methods of calculating it are proposed. The second part describes the methodology applied to estimate the productivity, business growth, and technical efficiency indicators, and how the indicators' forecasts were made. In the third section, the results are presented, and a discussion is made of them. Finally, the conclusions and reflections of the investigation are explained.

2. Theoretical elements

2.1. The SDGs and their relationship with the manufacturing industry

The private sector is a key factor in achieving the SDGs described in Table 1, through actions focused on business sustainability. Due to the wide scope of the SDGs, implementing them in their entirety by the industry can be overwhelming, which is why the selection and prioritization is a very important process; therefore, many transnational companies have prioritized the SDGs: 4, 8, 9, 11, 12, 14 and 17 (Ike et al., 2019). This research focuses explicitly on goals 8, 9, and 12 since they are related to productivity, business growth, and industry efficiency.

Table 1. Sustainable Development Goals.

SDG	Description
1	End poverty in all its forms everywhere.
2	End hunger, achieve food security and improved nutrition and promote sustainable agriculture.
3	Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages.
4	Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all.
5	Achieve gender equality and empower all women and girls.
6	Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all.
7	Ensure Access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all.
8	Promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all.
9	Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization and foster innovation.
10	Reduce inequality within and among countries.
11	Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient, and sustainable.
12	Ensure sustainable consumption and production patterns.
13	Take urgent action to combat climate change, its impacts.
14	Conserve and sustainably use the oceans, seas, and marine resources for sustainable development.
15	Protect, restore, and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forest, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss.
16	Promote peaceful and inclusive societies for sustainable development, provide access to justice for all and build effective, accountable and inclusive institutions at all levels.
17	Strengthen the means of implementation and revitalize the global partnership for sustainable development.

Source: United Nations, 2016.

This research focuses on analyzing some targets of the goals 8, 9, and 12 that are shown in Table 2; these will serve to examine the relationship of the SDGs with the management of the manufacturing industry.

Table 2. SDG's Target analyzed for the industrial sector.

SDG	Target	Target's description
8	8.2	Achieve higher levels of economic productivity through diversification, technological upgrading and innovation, including through a focus on high-value added and labor-intensive sectors.
	8.3	Promote development-oriented policies that support productive activities, decent job creation, entrepreneurship, creativity and innovation, and encourage the formalization and growth of micro-, small- and medium-sized enterprises, including through access to financial services.
9	9.4	By 2030, upgrade infrastructure and retrofit industries to make them sustainable, with increased resource-use efficiency and greater adoption of clean and environmentally sound technologies and industrial processes, with all countries taking action in accordance with their respective capabilities.
12	12.2.	By 2030, achieve the sustainable management and efficient use of natural resources.

Source: United Nations, 2016.

There is a framework of global indicators related to the goals of the SDGs and that serve as reference measures for States to carry out their planning and application of continuous improvements to actions in the different areas proposed by the 2030 Agenda (UN Statistical Commission, 2017). However, these indicators are very generic and require a broader and more holistic set of variables and specific indicators, which must be easily operative and which allow a more precise and comprehensive explanation of progress in meeting the goals of the SDGs in different countries and regions of the world (Hák et al., 2016; Tayra & Ribeiro, 2006).

In this research, specific industrial quantitative indicators related to productivity, growth, and efficiency of the manufacturing industry have been chosen, which are shown in Table 3. These indicators will facilitate establishing the relationship of the SDGs with the economic results of the manufacturing companies in Pichincha. It also complements other initiatives and indicators compiled by Ecuador's government regarding compliance with the SDGs (Technical Secretariat-Plan Ecuador, 2019).

Table 3. Industry indicators related to the SDG targets.

SDG	Target	Indicator
8	8.2	Productivity to assets (<i>Pa</i>)
		Productivity to costs and expenses (<i>Pce</i>)
	8.3	Percentage of large (<i>Lc</i>), medium (<i>Mc</i>), and small (<i>Sc</i>) manufacturing companies.
9, 12	9.4 and 12.2	Technical efficiency

Source: Own elaboration.

The study object is large, medium, and small companies in the manufacturing sector of the province of Pichincha, Ecuador. Table 4 indicates the characteristics that determine the division between companies' categories that correspond to the research's target population (SUPERCIAS, 2020b).

Table 4. Company categorization.

Company	Number of workers	Annual Income (US\$)
Large	More than 200	More than 5,000,001.00
Medium	50 - 199	1,000,001.00 – 5,000,000.00
Small	10 - 49	100,000.00 – 1,000,000.00

Source: SUPERCIAS, 2020b.

The manufacturing industry is one of the most important economic sectors for Ecuador; Thus, in 2017, large and medium-sized manufacturing companies generated 35.6% of national production and had an intermediate consumption of 43.1%, ahead of sectors such as services, commerce, mining, and construction (INEC, 2019a). According to the same source, in 2017, 51.2% of the spending on salaries of large and medium-sized companies corresponds to manufacturing industries and wholesale and retail trade. In addition, between 2014 and 2019, manufacturing fluctuated between the second and third place of the economic activities that provided full employment in Ecuador, with rates between 12.4% and 13% (INEC, 2019b).

2.2. Productivity and technical efficiency

The measurement of productivity and efficiency is an activity that companies usually do on an ongoing basis intending to incorporate the results into their corporate strategies. The calculation of efficiency should be carried out considering the operational data of the companies that operate in the same economic area, since in this way individual decision-making will be facilitated and linked to the actions of their economic area and national policies (Paradi et al., 2018).

Productivity is related to the improvement of production processes and represents a comparison between the amount of goods or services produced, including in some cases even recycled material, concerning the amount of resources used (Andersen, 2018). Therefore, productivity is an index that relates between outputs and inputs in a productive system. In this research, the output variable is income. The input variables are related to the assets, costs, and expenses involved in the manufacturing industry's business management.

Technical efficiency is related to the use of installed capacity and reflects whether the resources are exploited to the maximum of their productive capacity or not; that is, if the productive factors are being used one hundred percent, or if there is idle capacity (Cachanosky, 2012). Farrell (1957) quoted by Sánchez de Pedro (2013) and other authors as Färe et al. (1994) contributed substantially to the study of efficiency, developing a method for calculating the efficient frontier, the same one that is formed for the performance of the best companies observed and that achieves two objectives. On the one hand, the computation serves as a reference to measure each company's relative efficiency; on the other hand, it allows separating efficiency into two components: technical and allocative.

Technical efficiency (TE) refers to the efficiency of transformation of inputs into outputs, and allocative efficiency (AE) to the proportion of inputs necessary to generate the minimum cost for the production of a certain level of output (Álvarez, 2013; Santos et al., 2013; Tofallis, 2001). It can be said in another way that TE consists of obtaining the maximum product given a specific combination of resources or in the use of the resources strictly necessary for a level of production. It should be noted that the products obtained can be "good" or "bad" (Färe et al., 1989; Farzipoor, 2010). In this research, it will be considered that the products obtained are unique. The qualitative approach will not be considered of the products obtained because this information is not available and it is not the objective of the investigation.

The efficient frontier's empirical estimation is usually divided into three broad groups: parametric, non-parametric, and another, a combination of both defined as artificial neural networks (Cordero, 2006). Non-parametric methods do not require the imposition of a particular form of production function like parametric methods, being sufficient with the definition of a set of formal properties that must satisfy the set of production possibilities (Quindós et al., 2003; Sueyoshi & Goto, 2018). This is the case with the Data Envelopment Analysis (DEA) method.

The DEA is a non-parametric tool that allows specifying the technological frontier based on productive units or DMU (Decision Making Units) which, due to their good results, are those that execute the best production practices concerning other units from the same production area (Charnes et al., 1979). According to the authors, this analysis methodology has two fundamental advantages: on the one hand, its greater standardization, and on the other, it allows considering multiple inputs and outputs.

In a DEA analysis, two processes are carried out simultaneously through the use of linear programming algorithms: obtaining the efficient frontier and estimating the inefficiency, which turns out to be relative since each organization is compared with those that operate with a similar value of inputs and outputs (Sherman & Zhu, 2006). The original DEA model expresses that efficiency is a mathematical relationship between the total weighted sum of the outputs or desirable results and the total weighted sum of the inputs. Furthermore, the efficiency estimate must be made by comparing technologically similar companies (Sueyoshi & Goto, 2018).

2.3. DEA-CCR Method

One of the methods used by the DEA to calculate technical efficiency is the one developed by Charnes et al. (1979) and it is known as CCR in honor of its authors, or it is also known as the constant returns to scale model (CRTS). Through this method, a company can be compared with others that are substantially larger or smaller (Quindós et al., 2003). This method is mathematically described through equations 1, 2, and 3 in the input-oriented version, seeking to maximize outputs and form part a series of calculations of a linear programming algorithm (Ramanathan, 2003; Sueyoshi & Goto, 2018).

$$\begin{aligned}
 \text{Maximize:} \quad & h_0 = \sum_{j=1}^s W_j Y_{j0} & [1] \\
 & \sum_{i=1}^m V_i X_{i0} = 1 & [2] \\
 \text{s.t} \quad & \sum_{j=1}^s W_j Y_{jm} - \sum_{i=1}^m V_i X_{im} \leq 0 \\
 & m = 1, 2, 3, \dots, n. & [3] \\
 & W_j \geq 0; j = 1, 2, \dots, s. \\
 & V_i \geq 0; i = 1, 2, \dots, r.
 \end{aligned}$$

where:

Y_{j0} = output j of DMU 0; X_{i0} = input i of DMU 0; W_j = weight for output j ; V_i = weight for input i ; n = number of DMUs; s = number of outputs; r = number of inputs.

3. Methodology

3.1. Population and sample size

The research has a quantitative, non-experimental, and longitudinal approach, uses a quantitative methodology to analyze the probability of meeting the SDGs' goals, taking as a reference, indicators of productivity, growth, and efficiency of manufacturing companies.

The object of study of this research is the companies of the manufacturing economic sector of the province of Pichincha, Ecuador. These companies belong to classifier C of the International Standard Industrial Classification (INEC, 2012) and are registered in four categories: large, medium, small, and micro-companies; this research did not take microenterprises into account. Until January 2020, the manufacturing companies that had submitted their economic and financial reports from 2010 to 2018 are shown in Table 5 (SUPERCIAS, 2020b).

Table 5. Research population.

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Companies									
Large	230	237	185	214	230	175	211	131	169
Medium	375	381	357	354	346	201	355	276	289
Small	656	667	1163	608	583	617	678	649	554

Source: SUPERCIAS, 2020b.

To calculate the samples' size for each category of the company, a proportional sampling was used for a finite population, since there was the same probability that the companies studied met or did not meet the characteristics to be investigated. The sample size was determined with equation 4 (Lohr, 2019; Ott & Longnecker, 2016).

$$n = \frac{Z^2 N p q}{E^2 (N - 1) + Z^2 p q} \quad [4]$$

where:

n = sample size, N = population size, E = sampling error, Z = confidence level, p = probability of success and q = probability of failure.

The parameters for the calculation of the sample are the following: N corresponding to the number of companies in each business group in each of the years of study, as shown in Table 5; E = 10% (percentage of error), Z = 1.96 (95% confidence level), p = 0.5 and q = 0.5. The equality between p and q allows finding the maximum sample size for the fixed error (Pérez, 2010). These parameters allow determining the size n of the samples for each business group and year of study, as shown in Table 6.

Table 6. Size of the studied samples.

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Companies									
Large	68	69	64	67	68	62	66	56	62
Medium	77	77	76	76	76	66	76	72	73
Small	84	85	89	84	83	84	85	84	82

Source: Own elaboration.

The sampling used was probabilistic and with equal probabilities. The selection of companies was carried out in a simple random manner without replacement to have the highest degree of representativeness of the sample (Pérez, 2010).

3.2. Data

The research data was obtained from the balance sheet and income statement accounts that the manufacturing companies individually reported between 2010 and 2018. Specifically, the information was obtained from form 101 that corresponds to the "Tax Declaration income and presentation of balance sheets" found in the corporate sector documents section (SUPERCIAS, 2020a).

From among the data from the financial reports for this study, the accounts detailed in Table 7 were chosen. These accounts are present in the balance sheets and income statement of for-profit companies (Harrison et al., 2018). Those that will be used in this investigation are the accounts of income, profits, current assets, non-current assets, sales costs, expenses in wages and salaries, operating expenses and non-operating expenses.

Table 7. Details of the financial statements' accounts.

Account	Description
Income (<i>Inc</i>)	Income
Profits (<i>Prf</i>)	Profits
Current assets (<i>Ca</i>)	Cash values, accounts, and notes receivable and inventories.
Non-current assets (<i>Nca</i>)	Property, plant and equipment, intangible assets, biological assets, and depreciation.
Cost of sales (<i>Cos</i>)	Purchases and imports.
Wages and salaries expenses (<i>Wse</i>)	Wages, salaries, social benefits, professional fees, employer's retirement, and eviction.
Operating Expenses (<i>Oe</i>)	Promotion and advertising, transportation, fuel consumption, travel expenses, management expenses, operating leases, supplies, tools, materials, spare parts, maintenance, and repairs.
Non-operating Expenses (<i>Noe</i>)	Financial expenses.

Source: SUPERCIAS, 2020a.

Regarding the indicators' obtention, the ratio related to the productivity to assets (*Pa*) was calculated using equation 5, while the indicator of productivity related to costs and expenses (*Pce*) was calculated using equation 6.

$$Pa = \frac{\text{income}}{\text{assets}} = \frac{Inc}{Ca + Nca} \quad [5]$$

$$Pce = \frac{\text{income}}{\text{costs} + \text{expenses}} = \frac{Inc}{Cos + Wse + Oe + Noe} \quad [6]$$

To calculate the percentage relationship of companies' categories concerning the total, the three categories are considered, except micro-companies, for each of the years of research.

3.3. Selection of input and output variables

For the estimation of technical efficiency applying the DEA methodology, the input variables, and the output variables were determined according to a set of criteria and techniques. Concerning the criteria, three were chosen: firstly, we choose the fewest possible number of variables; secondly, we choose those inputs that best reflect the outputs; and thirdly, we opting for those outputs relevant to the activity of the companies studied.

Regarding the selection techniques, there are some such as principal component analysis, variable correlation, multiple regression, multicriteria, among others, all of which seek to establish the best possible combinations between inputs and outputs, forming different scenarios to find the best average estimated efficiency (González-Araya & Valdés, 2009; Serrano-Cinca et al., 2005; Shiu-Nan et al., 2016). The correlation technique between inputs and outputs was used, and the data from 2018 was taken as a reference for the three categories of companies.

Considering the criteria and the correlation technique between the variables described in Table 7, current assets, non-current assets, cost of sales, expenses in salaries and salaries, operating expenses, non-operational expenses were taken as input variables. While, as output variables, income and profit for the year were considered.

One of the DEA method restrictions was considered to avoid erroneous efficiency values, which is that the total number of variables (inputs + outputs) must be less than the number of observations (Andersen & Petersen, 1993). In addition, inequality 7 must be met, where m is the number of inputs, and t the number of outputs; since for a small sample of DMUs, the method does not discriminate, and all DMUs could be efficient (Cooper et al., 2011).

$$\text{Number of DMUs} \geq \text{Max} \{m * t, 3(m + t)\} \quad [7]$$

This study was worked with $m = 6$, $t = 1$. If the smallest number of DMUs or companies in Table 6 is taken into account, which corresponds to 56, it turns out that the number of DMUs is 2.6 times greater than the maximum of the condition. Therefore, the restrictions of the cited authors regarding the comparison between variables and DMUs that will be elements of the DEA method are met.

3.4. Estimation of technical efficiency indicators

Once the correlation between input and output variables was established, the TE was estimated considering the CCR method, using equations 1, 2, and 3, and their corresponding restrictions. The equations served as a reference to develop linear programming algorithms with the solver function and the Visual Basic programming language, incorporated in the MS Excel application (Sherman & Zhu, 2006). Equations 5 and 6 were used to estimate the productivity indicators. To standardize the number of companies for the calculation of the indicators of productivity and technical efficiency: 62 large, 73 mediums, and 82 small companies were taken as a reference sample for each of the years analyzed. This approximation represents one less variation 1% with respect to the error assumed in the sample size calculations.

3.5. Estimation of the forecasts of productivity and efficiency indicators

To find the trend of the productivity and efficiency indicators obtained between 2010 and 2018, we proceeded to estimate the indicators' forecasts and estimate their behavior from 2019 to 2022. For Guerrero (2003) and Lind et al. (2012), forecasting is a process of estimating a future event by projecting data from the past; In other words, the systematic combination of data allows an estimation of future events using a specific model.

The forecasting model was carried out by analyzing indicators in time series with data registered annually and the double exponential smoothing technique was used. The behavior was also predicted by decomposing the historical information into reference elements such as trend and seasonality, necessary procedures when analyzing time series (Guerrero, 2003; Webster, 2001). Double exponential smoothing requires the calculation of the forecast data through equations 8, 9, and 10.

$$S_i = \alpha x_i + (1 - \alpha)(S_{i-1} + T_{i-1}) \quad [8]$$

$$T_i = \beta(S_i - S_{i-1}) + (1 - \beta)T_{i-1} \quad [9]$$

$$F_{i+1} = S_i + T_i \quad [10]$$

where:

S_i = exponentially smoothed average of the series in period i ; T_i = exponentially smoothed average of the trend in period i ; α = smoothing parameter for the average, with a value between 0 and 1; β = smoothing parameter for the trend, with a value between 0 and 1; F_{i+1} = forecast for period $i+1$.

Additionally, as a result of the forecast, an error measure was determined that evidences the adjustment method's goodness to obtain the forecast. This measure was the root of the mean square error (RMSE). The RMSE is the most popular measure of error, also known as the quadratic loss function (Chai & Draxler, 2014). This error measure is defined as the average between the absolute values of the forecast errors, and it is used as a selection criterion for the best fit of time series models (Lakshmivarahan et al., 2017; Shcherbakov et al., 2013). Its form of calculation is made from equation 11.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - F_i)^2} \quad [11]$$

where R_i corresponds to the actual data for period i , F_i represents the predicted data for period i , and n represents the number of periods that have both a real and a predicted value. In order to automate and speed up the calculations of the forecasts and their errors, the data series were processed using the Risk Simulator 2019 software (Software-Shop, 2017).

4. Results

4.1. Correlations between the input and output variables

The results of the correlation between the input and output variables for each of the categories of companies and that correspond to the year 2018 are shown in Table 8. Since the correlation results are fixed values, a bootstrap analysis was performed from a simulation with 1000 DMUs and a 95% confidence level to estimate the correlation in a specific range of values. This procedure allows for correcting changes, inaccuracies, or uncertainty of the input and output variables used in applying the

DEA method (Cáceres et al., 2014; Cook & Seiford, 2009; Simar & Wilson, 2010; Simar & Wlson, 1998).

Table 8. Correlation between input and output variables.

Inputs		Correlations						
		Outputs						
		Large		Medium		Small		
		Inc	Prf	Inc	Prf	Inc	Prf	
Inc	Pearson correlation		1.00	0.469**	1.00	0.432**	1.00	0.348**
	Sig. (bilateral)			0.00		0.00		0.00
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	1.00	-0.09	1.00	0.22	1.00	0.14
		Up.	1.00	0.91	1.00	0.60	1.00	0.53
Prf	Pearson correlation		0.469**	1.00	0.432**	1.00	0.348**	1.00
	Sig. (bilateral)		0.00		0.00		0.00	
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	-0.09	1.00	0.22	1.00	0.14	1.00
		Up.	0.91	1.00	0.60	1.00	0.53	1.00
Ca	Pearson correlation		0.941**	0.539**	0.688**	0.433**	0.513**	0.488**
	Sig. (bilateral)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	0.75	-0.11	0.56	0.25	0.44	-0.08
		Up.	0.99	0.95	0.80	0.65	0.72	0.81
Nca	Pearson correlation		0.581**	0.884**	0.464**	0.11	0.263*	0.09
	Sig. (bilateral)		0.00	0.00	0.00	0.34	0.02	0.40
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	0.40	0.48	0.26	-0.11	0.04	-0.30
		Up.	0.93	0.96	0.64	0.37	0.45	0.34
Cos	Pearson correlation		0.970**	0.295*	0.799**	0.13	0.688**	0.10
	Sig. (bilateral)		0.00	0.02	0.00	0.26	0.00	0.38
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	0.93	-0.20	0.73	-0.06	0.54	-0.14
		Up.	0.99	0.87	0.86	0.34	0.80	0.27
Wse	Pearson correlation		0.878**	0.463**	0.547**	0.22	0.590**	-0.05
	Sig. (bilateral)		0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.64
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	0.73	0.00	0.34	0.06	0.43	-0.25
		Up.	0.96	0.86	0.70	0.41	0.72	0.14
Oe	Pearson correlation		0.686**	0.586**	0.680**	0.299*	0.452**	0.02
	Sig. (bilateral)		0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.88
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	0.56	0.21	0.55	0.07	0.32	-0.13
		Up.	0.91	0.92	0.79	0.56	0.63	0.23
Noe	Pearson correlation		0.766**	-0.10	0.378**	-0.03	0.271*	-0.08
	Sig. (bilateral)		0.00	0.45	0.00	0.81	0.01	0.48
	Sm ^c CI at 95%	Lw.	0.31	-0.39	0.17	-0.18	0.01	-0.49
		Up.	0.94	0.44	0.56	0.23	0.46	0.28

Notes:

Inc: Income; Prf: Profits; Ca: Current assets; Nca: Non-current assets; Cos: Cost of sales; Wse: Wages and salaries expenses; Oe: Operating expenses; Noe: Non-operating expenses.

** . The correlation is significant at the 0.01 level (bilateral).

*. The correlation is significant at the 0.05 level (bilateral).

Sm: Sampling simulation; CI: Confidence interval; Lw: lower limit; Up: upper limit.

c. The results of the sampling simulation are based on 1000 samples.

Source: Own elaboration.

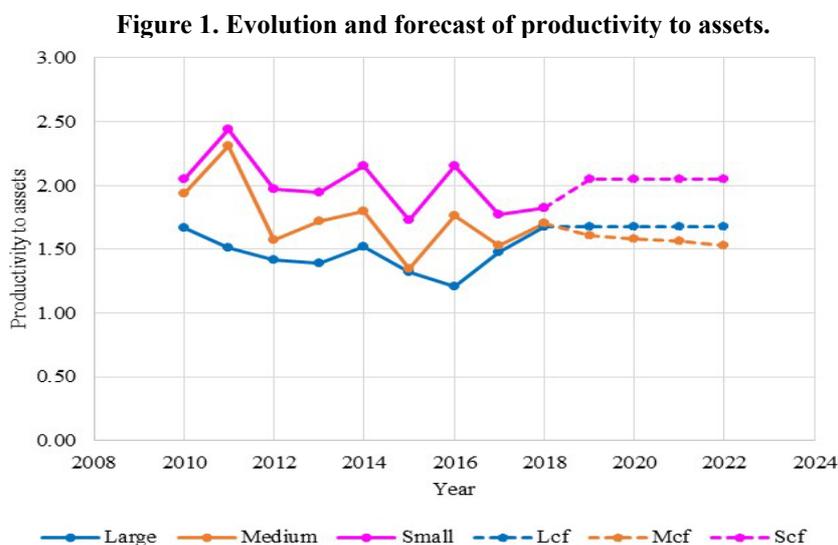
Suppose the null hypothesis is considered as the fact that there is no relationship between inputs and outputs. In that case, according to Table 8, the relationship between inputs and the output (*Inc*), the bilateral significance is less than 0.01 and 0.05, which means there is a probability close to one that there is some degree of relationship or association between inputs and *Inc*. For the relationship between inputs and output (*Prf*), the significance level is more significant than 0.05 in some cases; consequently, there is no relationship between the five input variables and the output *Prf*. By the results of the correlation between inputs and outputs, it was decided to estimate the efficiency taking into account all input variables and only the variable *Inc*.

4.2. Forecast and trend of indicators related to SDG 8

In order to know the progress of the fulfillment of targets 8.2 and 8.3 by the manufacturing companies of Pichincha, the indicators of productivity, business growth, and technical efficiency were estimated, for which the data published among the years 2010 to 2018 (SUPERCIAS, 2020a).

4.2.1. Productivity to assets

Figure 1 shows the evolution of productivity to assets for each of the categories of companies, between 2010 and 2018; also, the productivity forecast from 2019 to 2022.



Notes:

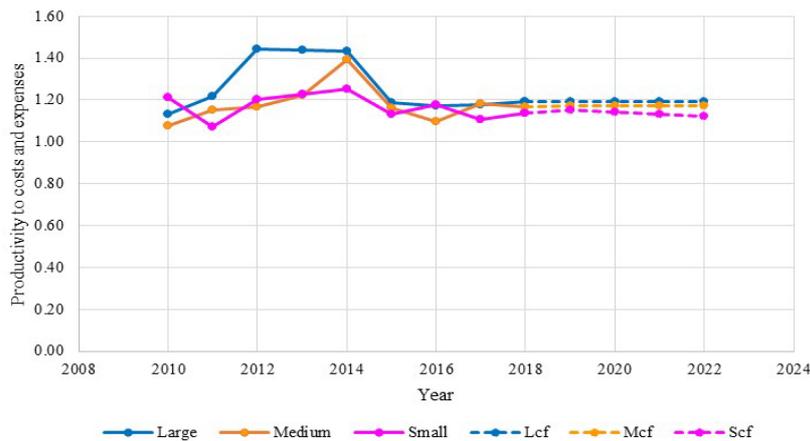
Lcf = Large companies' forecast; Mcf = Medium companies' forecast; Scf = Small companies' forecast.
 RMSE (Lcf) = 0.1627; RMSE (Mcf) = 0.2780; RMSE (Scf) = 0.1940.

Source: the authors.

4.2.2. Productivity to costs and expenses

Regarding to productivity to costs and expenses, Figure 2 shows the evolution of this indicator from 2010 to 2018. Additionally, it shows what the forecast would have been for the next four years.

Figure 2. Evolution and forecast of the productivity to costs and expenses.



Notes:

Lcf = Large companies' forecast; Mcf = Medium companies' forecast; Scf = Small companies' forecast.

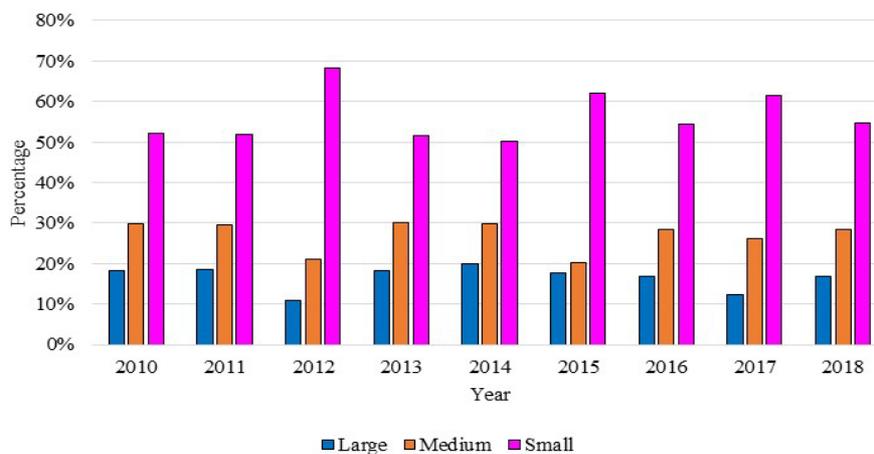
RMSE(Lcf)=0,1262; RMSE(Mcf)=0,1114; RMSE(Scf)=0,0457.

Source: Own elaboration.

4.3. Evolution of the manufacturing business structure

It is interesting to observe the variable evolution that the manufacturing industry's business structure in Pichincha has had between 2010 and 2018. Figure 3 shows the percentage relationship between the number of large, medium, and small companies.

Figure 3. Evolution of manufacturing companies.



Source: Own elaboration.

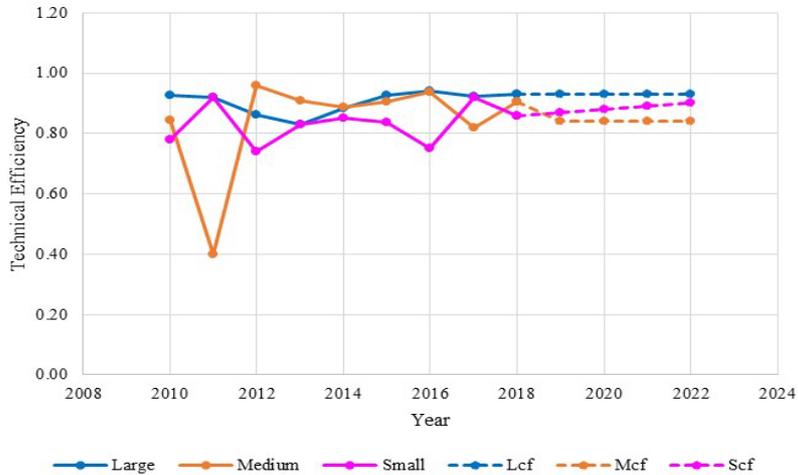
Small companies are between 50% and 68%, medium-sized companies have varied between 20% and 30%, and large companies between 12% and 20%. In the nine years studied, the number of large and medium-sized companies has tended to remain constant and there has been a slight growth trend in small companies.

4.4. Forecast and trend of indicators related to SDG 9 and 12

To know the progress in the fulfillment of the target 9.4 and 12.2, the indicators related to technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency of the companies in the manufacturing

industry of Pichincha are estimated. Figure 4 shows TE's behavior in the nine years and the forecast for the next four years.

Figure 4. Technical efficiency of manufacturing companies.



Notes:

Lcf = Large companies' forecast; Mcf = Medium companies' forecast; Scf = Small companies' forecast.
 RMSE(Lcf)=0,0368; RMSE(Mcf)=0,0711; RMSE(Scf)=0,0545.

Source: Own elaboration.

According to the forecast, the TE in 2022 will be 0.93, 0.90, and 0.84 for large, small, and medium-sized companies, respectively. The trends are constant for large and medium-sized companies, while there is a slight growth for the small ones.

5. Discussion

Considering the results that are indicated in Table 8, current assets are the ones that most influence the income of manufacturing companies, while non-current assets are those that have the least relationship with income.

Longitudinal study of productivity to assets between 2010 and 2018 establishes that small companies are the most productive, followed by medium-sized and then large-sized, as shown in Figure 1. Furthermore, according to the annual variations that this indicator has had, it has remained practically constant throughout the nine years in all business categories. The fact that large companies are the least productive concerning assets occurs because as companies grow, they acquire more and more non-current assets, and their use, due to the results found, is not contributing to productivity.

Looking to the future, the fulfillment targets in goals 8, 9, and 12 are challenging to meet for the manufacturing area because from the perspective of sustainability, it is required to achieve high levels of productivity in the use of assets on a large scale. Maximizing the use of assets must be accompanied by the products' useful life maximization (Delgado & Delgado, 2020); this situation will require the manufacturing industry to work on innovative solutions, process adaptation, responsible and efficient usage of resources, recycling of materials, repurpose of components, among others, in order to minimize and eliminate environmental and social damage.

Analyzing productivity with respect to costs and expenses analysis in the three categories of companies, cost of sales is the input variable that is best related to income. In other words, purchases

and imports are the variables that have a decisive influence on the amount of income that companies receive and their influence grows as the size of the company increases.

When the behavior of productivity to costs and expenses is historically analyzed, it is determined that large companies are the most productive, followed by medium-sized and then small, as shown in Figure 2. Furthermore, according to the Annual variations that this indicator has had, it is determined that it has practically remained constant throughout the nine years in all categories of companies. If this indicator's forecast is considered, it will remain constant for all companies, then the increase in productivity of costs and expenses will be recovered as production and sales increase, as shown in Figure 2. If that does not happen, it would complicate the fulfillment of the goals of SDG 8, 9 and 12.

In last nine years, the average percentage of small companies has remained around 55% with a slight growth trend, while the medium ones have remained at 28% and the large ones at 17% with a tendency to remain constant. Additionally, according to Figure 3, the number of small companies had notable changes in 2012 and 2013, the medium ones in 2015 and 2016, and the large ones between 2016 and 2018. This reality shows that the factors on which companies' permanence in the market depend have not been affected with the same intensity in specific years.

Given the consequences of the COVID-19 pandemic, it is very likely that the trends in the volume of companies will vary towards decrease for the entire business group, especially for smaller companies. This forecast is ratified with the details of the Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), since they state that the impact of the pandemic will bring negative consequences to all companies in the Latin America and the Caribbean (LAC) region regardless of their size (ECLAC, 2020b). These consequences undoubtedly go against the fulfillment of target 8.3 of the SDGs.

When looking at the results of the companies' efficiency changes, it is determined that technical efficiency vary in different periods of time for each company size. According to Figure 4, the trend of technical efficiency towards 2022 is to remain constant and with similar values for the three sizes of companies. This situation shows that in the absence of an increase in efficiency, there will be no positive progress in meeting the goals of SDG 9 and 12. This situation is similar to the results of systematic reviews of the literature on progress in meeting the SDGs (Navarrete et al., 2020), and to the experience of countries in the LAC region, which have adopted a series of practices in the industry that are related to the SDGs (De Oliveira et al., 2019; Martins et al., 2020).

Having sustained growth in efficiency will mean that less efficient companies depend on the use of technology, research and development (R&D), and especially on the development of innovations. This scenario is possible since, in the period between 2009 and 2014, the manufacturing area had second place in investments in R&D compared to areas such as services, commerce, and mining (SENESCYT-INEC, 2015).

Synthesizing the results of productivity, growth, and efficiency, the manufacturing companies of Pichincha have responded differently to the challenges posed by the SDGs. This is most likely related to the lack of a common approach to the concept of sustainability in the industry. The definition of critical issues to achieve a sustainable industry is still pending, a situation that at first appears very complicated. The SDGs are interconnected (Pizzi et al., 2020; Wynn & Jones, 2020). Therefore, the contribution of companies to the achievement of these objectives will require firm and effective management, and thus, face a series of potentially difficult and costly challenges, which could threaten their current business models and possibly their very existence.

If the impact that the consequences of COVID-19 will produce on the economy is added to this reality, then it turns out that the forecasts do not accompany the fulfillment of the SDG goals in the foreseen terms before the pandemic (ECLAC, 2020c). So much so that, the economic growth of Ecuador will fall in 2020 to -6.0%, with estimates made up to April, due to the pandemic (World Bank, 2020); while in Ecuador it was calculated that this decrease could be up to 10% (Central Bank of Ecuador, 2020). However, to the extent that appropriate decisions are made in the social, political, and economic

spheres, the crisis will fade, and growth will recover 3.4% in 2021 and improve little by little in the following years (International Monetary Fund, 2020).

Therefore, achieving the goals is away from fulfillment, but not impossible to reach. The LAC region despite the pandemic, will continue to have as a collective and urgent roadmap, the implementation, follow-up and monitoring of the of the achievements of the SDGs and their progress in the medium and long term (ECLAC, 2020b, 2020a). All the actions that facilitate the achievement of the SDGs will require the participation of all sustainable development actors, since these objectives interact in the social, political and economic context of society (Griggs et al., 2013; Nilsson et al., 2018).

6. Conclusions

This research has made it possible to determine Pichincha's manufacturing industry's productivity and efficiency trajectory from 2010 to 2018 and establish the relationship with targets 8.2, 8.3, 9.4, and 12.2 of the goals 8, 9, and 12 of sustainable development, promoted by the United Nations.

It was determined that the relevant variables to estimate the indicators of productivity to assets, cost and expense productivity, technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency of the manufacturing companies are current assets, non-current assets, cost of sales, expenses in wages and salaries, operational expenses, non-operational expenses, and income.

It was found that in estimating the productivity of assets, non-current assets are those that are most related to the income of companies. In contrast, for estimating cost and expense productivity, the most related variables to income are costs of sales, representing purchases and imports made by companies for their operation.

The longitudinal study of productivity to assets establishes that small companies are the most productive. The forecast of this indicator is to maintain a constant trend between 2019 and 2022. However, due to the effects of the pandemic, it is estimated that it will decrease in 2020, making it challenging to meet goal 8.2 in perspective. Regarding the indicator of the productivity to costs and expenses, large companies have turned out to be the most productive, and regarding the forecast of the fulfillment of goal 8.2, the result will be similar to that of Productivity to assets. In other words, it will be left behind.

The average percentage of small businesses is around 55% in the study period, while the medium ones at 28% and the large ones at 17%. The trend in the number of large and medium-sized companies has remained roughly constant, while the trend of the small ones has been slightly increasing. This reality shows the stable constitution of this economic area in Ecuador's industrial context, which corroborates its primary contribution in aspects such as total production, intermediate consumption, added value, and workers' wages (INEC, 2019a). Given the COVID-19 pandemic consequences, it is very likely that the trend in the number of companies will decrease for the entire manufacturing business group and, therefore, target 8.3 of the SDGs will not be met.

It is predicted that SDG targets 9.4 and 12.2 will not make significant progress until 2022, as the indicators related to efficiency tend to remain constant for the three company sizes. For this reason, companies must strengthen the management related to human capacities, technologies, assets, commerce, among other aspects.

The research results can guide the manufacturing industry to propose improvement strategies and execute the appropriate actions to increase economic productivity, strengthen creativity, promote innovation, and carry out sustainable management, as proposed by the analyzed SDGs in this investigation. In addition, the timely execution of a set of strategies will undoubtedly not only serve to

mitigate the impacts produced by the consequences of the pandemic but also promote sustainable economic growth in the manufacturing industry in Pichincha and the rest of Ecuador.

6.1. Limitations and future lines of research

This research has been limited to the manufacturing companies of Pichincha, Ecuador. Therefore, it is proposed as future lines of research, to evaluate the relationship between productivity and efficiency indicators and the SDGs in other areas of the Ecuadorian economy. These new studies could apply alternative methods (Eustachio et al., 2019), and use official and unofficial statistics, to solve the lack of data on the fulfillment of the SDGs (Lafortune et al., 2020), so the next few years could have more intense debates on the SDGs in conferences and special issues.

References

- Ali, S., Hussain, T., Zhang, G., Nurunnabi, M., & Li, B. (2018). The Implementation of Sustainable Development Goals in “BRICS” Countries. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su10072513>
- Álvarez, A. (2013). *La medición de la eficiencia y la productividad* (Measuring efficiency and productivity) (1st ed.). Ediciones Pirámides.
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Andersen, P. (2018). Sustainable Operations Management (SOM) Strategy and Management: An Introduction to Part I. In L. Boer & P. Andersen (Eds.), *Operations Management and Sustainability: New Research Perspectives* (pp. 15-26). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93212-5_2
- Betti, G., Consolandi, C., & Eccles, R. G. (2018). The relationship between investor materiality and the sustainable development goals: A methodological framework. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7), 2248. <https://doi.org/10.3390/su10072248>
- Cáceres, H., Kristjanpoller, W., & Tabilo, J. (2014). Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una Universidad chilena (Analysis of technical efficiency and its relationship with the results of the performance evaluation in a Chilean University). *Innovar*, 24(54), 199-217. <https://doi.org/10.15446/innovar.v24n54.46720>
- Cachanosky, I. (2012). Eficiencia técnica, eficiencia económica y eficiencia dinámica. *Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política*, IX(2), 51-80.
- Castells, M. (1996). La era de la información (The age of information). *Economía Sociedad y Cultura*, 1, 1-29.
- Central Bank of Ecuador (2020). *El covid-19 pasa factura a la economía ecuatoriana: decrecerá entre 7,3% y 9,6% en 2020 (COVID-19 takes its toll on the Ecuadorian economy: it will decrease between 7.3% and 9.6% in 2020)*. Central Bank of Ecuador. <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1366-el-covid-19-pasa-factura-a-la-economia-ecuatorial-decrecera-entre-73-y-96-en-2020>
- Chai, T., & Draxler, R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247-1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>

- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1979). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 3(4), 339. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(79\)90229-7](https://doi.org/10.1016/0377-2217(79)90229-7)
- Cook, W., & Seiford, L. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>
- Cooper, W., Seiford, L.M., & Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In *Handbook on Data Envelopment Analysis* (2nd ed., Vol. 164, pp. 1-40). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- Cordero, J.M. (2006). *Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos. una aplicación a la educación secundaria en España* [Universidad de extremadura]. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=1488>
- Cordova, M.F., & Celone, A. (2019). SDGs and Innovation in the Business Context Literature Review. *Sustainability (Switzerland)*, 11(24), 1-14. <https://doi.org/10.3390/su11247043>
- De Oliveira, G.C., Ferreira, J.M., Silva, P.C., de Oliveira, A.G., & Lucato, W.C. (2019). Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1514-1525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334>
- Delgado, M., & Delgado, M. (2020). Sustainable Development Goal 12 and Its Relationship with the Textile Industry. In M. A. Gardetti & S. Senthilkannan Muthu (Eds.), *The UN Sustainable Development Goals for the Textile and Fashion Industry* (pp. 21-46). Springer.
- ECLAC (2020a). *Alicia Bárcena Calls for Rethinking the Model and Consolidating the Economic, Social and Environmental Dimensions of Sustainable Development so as to Leave No One Behind*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. <https://www.cepal.org/en/pressreleases/alicia-barcelona-calls-rethinking-model-and-consolidating-economic-social-and>
- ECLAC (2020b). Latin America and the Caribbean and the COVID-19 pandemic. Economic and social effects. In *Economic Commission for Latin America and the Caribbean* (Issue 1). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45351/S2000263_en.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- ECLAC (2020c). Report on the economic impact of coronavirus disease (COVID-19) on Latin America and the Caribbean. In *Economic Commission for Latin America and the Caribbean* (Issue March). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45603/1/S2000312_en.pdf
- Eustachio, J.H.P.P., Caldana, A.C.F., Liboni, L.B., & Martinelli, D.P. (2019). Systemic indicator of sustainable development: Proposal and application of a framework. *Journal of Cleaner Production*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118383>
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K., & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *Review of Economics and Statistics*, 71(1), 90-98. <https://doi.org/10.2307/1928055>
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress and efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8268.2004.00089.x>

- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253-290.
- Farzipoor, R. (2010). Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51(9-12), 1243-1250. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2694-3>
- González-Araya, M., & Valdés, N. (2009). Metodo de selección de variables para mejorar la discriminación en el análisis de eficiencia aplicando modelos DEA. *Ingeniería Industrial*, 2(8), 45-56.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., & Noble, I. (2013). Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495(7441), 305-307. <https://doi.org/10.1038/495305a>
- Guerrero, V. (2003). *Análisis estadístico de series de tiempo económicas (Statistical analysis of economic time series)* (2nd ed.). International Thomson Editores.
- Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators*, 60, 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003>
- Harrison, W., Horngren, C., Thomas, W., Tietz, W., Berberich, G., & Seguin, C. (2018). *Financial Accounting* (6th ed.). Pearson.
- Ibujés-Villacís, J. (2019). La eficiencia técnica de las medianas empresas de manufactura de Quito. *Debates Sobre Innovación. XVIII Congreso Latinoamericano de Gestión Tecnológica*, 3(1), 1126-1141. <https://economiaeinnovacionuamx.org/revista/secciones/articulos/7>
- Ibujés-Villacís, J., & Franco-Crespo, A. A. (2019). Use of ICT and its relationship with the Objectives of Sustainable Development in Ecuador. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 37-53. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.03>
- Ibujés-Villacís, J., & Morales, E. (2018). Uso de las TIC y relación con la eficiencia técnica en las medianas empresas del área comercial de Quito. *XIV Foro Internacional Del Emprendedor*, 166-182. <http://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/185>
- Ibujés, J., & Benavides, M. (2017). Contribution of technology to the productivity of small and medium-sized enterprises in the textile industry in Ecuador. *Cuadernos de Economía*, 41(115), 140-150. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002>
- Ike, M., Donovan, J. D., Topple, C., & Masli, E. K. (2019). The process of selecting and prioritising corporate sustainability issues: Insights for achieving the Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117661. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117661>
- INEC (2012). *CIIU 4.0. Clasificación Nacional de Actividades Económicas* (p. 234). INEC. <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- INEC (2019a). Encuesta a Empresas. Encuesta Estructural Empresarial. In *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-a-empresas/>

- INEC (2019b). Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo. In *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Junio/201906_Mercado_Laboral_final.pdf
- International Monetary Fund (2020). *World Economic Outlook. Chapter 1: The Great Lockdown*. IMF. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020>
- Lafortune, G., Fuller, G., Schmidt-Traub, G., & Kroll, C. (2020). How Is Progress towards the Sustainable Development Goals Measured? Comparing Four Approaches for the EU. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su12187675>
- Lakshmivarahan, S., Lewis, J. M., & Jabrzemski, R. (2017). *Forecast Error Correction using Dynamic Data Assimilation* (Springer (ed.); 1st ed.). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39997-3>
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía (Statistics applied to business and economy)* (McGraw-Hill (ed.); 15th ed.).
- Lohr, S.L. (2019). Simple Probability Samples. In *Sampling. Design and Analysis* (2nd ed., pp. 25–72). CRC Press.
- Martins, V.W.B., Rampasso, I.S., Siltori, P.F.S., Cazeri, G.T., Anholon, R., Quelhas, O.L.G., & Leal, W. (2020). Contributions from the Brazilian industrial sector to sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 272, 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122762>
- Navarrete, S.D.S., Borini, F.M., & Avrichir, I. (2020). Environmental upgrading and the United Nations Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121563>
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messerli, P., Neumann, B., Stevance, A. S., Visbeck, M., & Stafford-Smith, M. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*, 13(6), 1489-1503. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z>
- Ott, R.L., & Longnecker, M. (2016). Inferences About Population Central Values. In *An Introduction to Statistical Methods & Data Analysis* (Seventh, pp. 232-299). Cengage Learning.
- Paradi, J.C., Sherman, H.D., & Tam, F.K. (2018). *Data Envelopment Analysis in the Financial Services Industry*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69725-3>
- Pérez, C. (2010). *Técnicas de muestreo estadístico (Statistical sampling techniques)* (I. Publicaciones (ed.); 1.a). Ibergarceta Publicaciones.
- Pizzi, S., Caputo, A., Corvino, A., & Venturelli, A. (2020). Management research and the UN sustainable development goals (SDGs): A bibliometric investigation and systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124033. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124033>
- Quindós, M. del P., Rubiera, F., & Vicente, M. R. (2003). Análisis envolvente de datos: una aplicación al sector de los servicios avanzados a las empresas del Principado de Asturias). *Rect@*, 11(1), 21.
- Ramanathan, R. (2003). An introduction to Data Envelopment Analysis. In *SAGE Publications* (1st ed.). Sage Publications, Inc.
- Sánchez de Pedro, E. A. (2013). *Nivel de competitividad y eficiencia de la producción ganadera (Level of competitiveness and efficiency of livestock production)* [Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/10498>

- Santos, J., Negas, E., & Cavique, L. (2013). Introduction to Data Envelopment Analysis. In *Efficiency Measures in the Agricultural Sector* (1st ed., Issue January, p. 16). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5739-4>
- SENESCYT-INEC (2015). Principales indicadores de actividades de ciencia, tecnología e innovación. In *Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación*. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Ciencia_Tecnologia/Presentacion_de_principales_resultados_ACTI.pdf
- Serrano-Cinca, C., Fuertes-Callén, Y., & Mar-Molinero, C. (2005). Measuring DEA efficiency in Internet companies. *Decision Support Systems*, 38, 557-573. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2003.08.004>
- Shcherbakov, M., Brebels, A., Shcherbakova, Nataliya Tyukov, A., Janovsky, T., Kamaev, V., & Brebels, A. (2013). A Survey of Forecast Error Measures. *World Applied Sciences*, 24(4), 171-176. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.24.itmies.80032>
- Sherman, D., & Zhu, J. (2006). *Service Productivity Management. Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)* (Springer (ed.); 1st ed.).
- Shiuh-Nan, H., Hsuan-shih, L., & Zhu, J. (2016). *Handbook of Operations Analytics Using Data Envelopment Analysis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7705-2>
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2010). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of Applied Statistics*, 27(6), 779-802. <https://doi.org/10.1080/02664760050081951>
- Simar, L., & Wilson, P. (1998). Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science*, 44(1), 49-61. <https://doi.org/10.1287/mnsc.44.1.49>
- Software-Shop (2017). *Software Shop - Risk Simulator*. 2018. <https://www.software-shop.com/producto/risk-simulator>
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2018). *Environmental Assessment on Energy and Sustainability by Data Envelopment Analysis* (1st ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Sullivan, K., Thomas, S., & Rosano, M. (2018). Using industrial ecology and strategic management concepts to pursue the Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*, 174, 237-246. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.201>
- SUPERCIAS (2020a). *Consulta y recepción de estados financieros*. Recepción Estados Financieros. https://appscvsmovil.supercias.gob.ec/portaldedocumentos/consulta_cia_param.zul
- SUPERCIAS (2020b). *Ranking de compañías*. Ranking Empresarial del Ecuador. <https://appscvs.supercias.gob.ec/rankingCias/>
- Tayra, F., & Ribeiro, H. (2006). Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências (Models of sustainability indicators: synthesis and critical evaluation of the main experiences). *Saúde e Sociedade*, 15(1), 84-95. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902006000100009>
- Technical Secretariat-Plan Ecuador (2019). *Informe de avance del cumplimiento de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. <https://www.planificacion.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2019/07/Informe-Avance-Agenda-2030-Ecuador-2019.pdf

Tofallis, C. (2001). Combining two approaches to efficiency assessment. *Journal of the Operational Research Society*, 52(11), 1225-1231. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601231>

UN Statistical Commission (2017). Global Indicator Framework for the Sustainable Development Goals and Targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development. In *Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global_Indicator_Framework_after_2019_refinement_Eng.pdf https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global_Indicator_Framework_A.RES.71.313_Annex.pdf

United Nations (2012). *Río+20. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable (Río + 20. United Nations Conference on Sustainable Development)*. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2005.055160>

United Nations (2015). Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. In *General Assembly 70 session (Issue October)*. https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

United Nations (2016). *Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (Agenda 2030 and the Sustainable Development Goals: an opportunity for Latin America and the Caribbean)*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155>

Webster, A. (2001). *Estadística aplicada a los negocios y la economía (Statistics applied to business and economy)* (McGraw-Hill (ed.); 3rd ed.).

World Bank (2020). *The Economy in the Time of Covid-19 (Issue April)*. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33555/9781464815706.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Wynn, M., & Jones, P. (2020). *The Sustainable Development Goals: Industry Sector Approaches*. Taylor & Francis Group. Routledge.



Reconciliaciones y estrategias de oferta en el mercado mayorista de electricidad de Colombia

CARABALÍ, JAIME

Universidad ICESI (Colombia)

Correo electrónico: jaime.carabali@correounivalle.edu.co

PEREZ, ALEX

Banco de la República (Cali, Colombia)

Correo electrónico: alex.perez@correounivalle.edu.co

MENESES, LUIS ÁNGEL

Universidad Cooperativa de Colombia (Colombia)

Correo electrónico: luis.menesesc@campusucc.edu.co

ROJAS, LIBARDO

Universidad ICESI (Colombia)

Correo electrónico: lrojas@icesi.edu.co

RESUMEN

En este trabajo estudiamos la relación entre las reconciliaciones en el mercado eléctrico colombiano y los precios ofertados por las firmas en la Bolsa de Energía. Asimismo, proponemos un modelo de comportamiento de la firma para elaborar predicciones teóricas sobre la relación entre las reconciliaciones y los precios ofertados. Posteriormente, desarrollamos una estrategia empírica para probar las predicciones de nuestro modelo. Encontramos que cuando las firmas esperan que sus unidades tengan reconciliaciones negativas en el día siguiente, estas tienden a reducir los precios ofertados por sus unidades. Con relación a las reconciliaciones positivas no se encuentra evidencia de alguna relación.

Palabras clave: mercado de electricidad; bolsa de energía; estrategias de oferta; reconciliaciones.

Clasificación JEL: D44, D43, D22, C72, L13.

MSC2010: 91A80, 91B26, 91B38.

Reconciliations and bid strategies in the Colombian wholesale electricity market

ABSTRACT

In this paper, we study the relationship between reconciliations in the Colombian electricity market and the bid prices by firms on the spot market. In this work, we propose a model of behavior of the firm to elaborate theoretical predictions about the relationship between the reconciliations and the bid prices. Subsequently, we developed an empirical strategy to test the predictions of our model. We find that when firms expect their units to have negative reconciliations the next day, they tend to reduce the bid prices for their units. To positive reconciliations, there is no evidence of any relationship.

Keywords: electricity market; spot market; bid strategies; reconciliations.

JEL classification: D44, D43, D22, C72, L13.

MSC2010: 91A80, 91B26, 91B38.



1. Introducción

Una gran variedad de mercados de electricidad opera a partir de mecanismos de subasta con firmas multi-planta. Las firmas envían ofertas para cada una de sus plantas, conformadas por cronogramas de generación y precios ofertados que luego son utilizados por el operador de mercado para definir el despacho diario, con el objeto satisfacer la demanda de electricidad al costo más bajo. Este mecanismo garantiza que exista suficiente competencia entre las firmas para que sus estrategias de oferta sean lo más competitivas posibles. Sin embargo, la literatura ha encontrado que a pesar de estos esfuerzos siguen existiendo ineficiencias en los precios que se ofertan en los mercados de electricidad. Ejemplos de esta evidencia son los trabajos que se han realizado para los mercados de Estados Unidos y Europa (Green & Newbery, 1992; von der Fehr & Harbord, 1993; Wolfram, 1998; Crawford et al., 2007; Borenstein y Bushnell, 1999; Ciarreta, 2010). Estos trabajos argumentan que la existencia de estas ineficiencias se debe al poder de mercado de algunos agentes y sus comportamientos estratégicos.

Colombia y otros mercados latinoamericanos con una alta participación de centrales hidroeléctricas pueden presentar problemas de ineficiencia igualmente relevantes. Esto se debe a la existencia de incentivos dinámicos en las estrategias de oferta de las firmas que operan con este tipo de tecnologías (Balat et al., 2015). La posibilidad de almacenar energía permite a las firmas ser estratégicas sobre cuando ofertar para obtener los pagos esperados más altos. Balat et al. (2015) encuentran que las firmas con centrales hidroeléctricas tienden a ofertar precios por encima de sus costos marginales en función del coste de oportunidad intertemporal del agua y las creencias de las firmas sobre las estrategias de sus rivales. Nuestro trabajo busca caracterizar otro aspecto del mercado eléctrico colombiano que altera el comportamiento de las ofertas de las firmas, no solo el de las unidades hidráulicas, también puede afectar el de unidades que operan con otras tecnologías.

El mecanismo de Despacho Ideal que lleva a cabo el operador del mercado eléctrico colombiano para elegir las plantas generadoras que van a satisfacer la demanda del día no incorpora las restricciones de red del sistema, por ello el calificativo de “Ideal”. A partir del Despacho Ideal se establecen los perfiles de generación ideal de las plantas generadoras y el precio mayorista de la electricidad para cada hora del día (precio de bolsa o precio spot). Por tanto, el precio spot está diseñado para que refleje el menor costo económico de generar electricidad bajo condiciones ideales de operación. Esto implica que la determinación del precio spot no debe verse influenciada por características técnicas asociadas a la red, como son las restricciones de transmisión de electricidad que se presentan en algunos puntos del país.

Cuando se incorporan en el Despacho Ideal las restricciones de red del sistema se tiene el Despacho Real. Sobre estas restricciones de red se calculan los perfiles de generación real de las plantas, que difieren de los perfiles de generación ideal. Esta diferencia es llamada reconciliación y puede tomar valores positivos cuando la generación real es mayor a la ideal, o negativos cuando ocurre lo contrario. Los costos asociados a las restricciones se calculan sin tener en cuenta el precio spot. Esto lleva a pensar que ambos mercados, spot y restricciones, pueden entenderse de forma independiente. Sin embargo, debido a la forma en que se remuneran los pagos por restricciones es posible que exista una influencia entre ambos mercados. En este documento estudiamos cómo la formación del precio spot puede verse afectada por la formación de las restricciones en el Despacho Real. Para ello, proponemos un modelo del juego asociado a la subasta de precio uniforme que representa el mecanismo de Despacho Ideal del operador de mercado. A partir de nuestro modelo se realizan unas predicciones teóricas sobre la relación entre los precios ofertados por las firmas generadoras de electricidad y las reconciliaciones asignadas a sus plantas. Posteriormente, estas predicciones teóricas son evaluadas empíricamente con datos sobre el mercado mayorista que son reportados por el operador de mercado. No tenemos conocimiento de otro trabajo que explore esta relación para el mercado eléctrico colombiano.

Aunque, actualmente, no existe un mecanismo de mercado que asigne las reconciliaciones en el Despacho Real, se están estudiando posibles propuestas sobre diseños de mercado para liquidar las reconciliaciones. Esto se debe a la motivación del Estado colombiano de incentivar la entrada de energías renovables no convencionales, que tienden a incrementar la incertidumbre en la generación de

electricidad y, por ello, incrementan la necesidad de acudir a reconciliaciones para resolver el problema de la falta de firmeza en el suministro de energía. Una propuesta destacada es la que se presenta en Mastropietro et al. (2020). Estos autores diseñan un mecanismo regulatorio que incorpora un sistema de liquidación múltiple, que consiste en un mercado diario vinculante, seguido de sesiones intra-diarias y un mercado de equilibrio o balance. Por el momento, estas son propuestas relevantes para el futuro del mercado eléctrico colombiano, pero el objetivo de este trabajo no es evaluar una futura propuesta, es entender cómo se relacionan las reconciliaciones con los precios ofertados en el actual mecanismo que se utiliza en el mercado colombiano.

El resto de este manuscrito se presenta en 4 secciones. La Sección 2 presenta una descripción del mercado eléctrico colombiano y de los mecanismos de despacho ideal y real. La Sección 3 desarrolla el modelo de la subasta, establece las predicciones teóricas y propone una estrategia empírica para contrastarlas. La Sección 4 presenta la evidencia empírica a partir de los datos del operador de mercado y la Sección 5 recoge algunas conclusiones.

2. Funcionamiento del mercado eléctrico mayorista

El sector eléctrico está compuesto de dos niveles: 1) el mercado minorista y 2) el mercado mayorista. En el mercado minorista interactúan los comercializadores y los usuarios finales. Por su parte, en el mercado mayorista los generadores interactúan con los comercializadores, principalmente, en el mercado spot y el mercado de contratos, y en menor medida en otros mercados, como el pago por reconciliaciones. En el mercado spot se transa toda la electricidad producida por los generadores en cada día del año, y se determina el precio mayorista mediante un mecanismo de subasta uniforme, donde las firmas realizan ofertas y el operador de mercado lleva a cabo el despacho.

En Colombia, la función de operador de mercado es ejercida por la empresa privada XM. En el mercado spot participan las firmas generadoras para ganarse el derecho a que sus unidades de generación sean despachadas. Las firmas generadoras son empresas que tienen a su disposición una o varias plantas generadoras de electricidad. El sistema de plantas que genera electricidad en Colombia lo hace mediante 5 tipos de tecnologías: hidráulica, térmica, solar fotovoltaica, eólica y las tecnologías de cogeneración. El mecanismo de despacho del operador de mercado determina los perfiles de generación de las unidades firma-planta para cada hora del día siguiente, mediante un algoritmo que incorpora un mecanismo de orden de mérito. El algoritmo minimiza el costo de despacho del día siguiente tomando en cuenta las ofertas de los agentes por cada una de sus plantas, restricciones técnicas de las plantas, y las predicciones de demanda del día siguiente.

Las ofertas de los agentes se realizan un día antes y tienen tres componentes: precio ofertado por KWh (el mismo para todas las 24 horas del día), disponibilidad declarada para cada hora del día y los costos de arranque-parada de las plantas térmicas en caso de que las tenga. Cabe destacar que los contratos entre agentes no se tienen en cuenta en el despacho del operador del mercado. Por otro lado, la regulación del sector permite que las plantas cuya capacidad instalada sea menor o igual a 20 MW puedan elegir ser despachadas o no sin la necesidad de competir por ese derecho en el mercado spot. En este documento se sigue el mecanismo de despacho de Perez y García-Rendón (2020), que busca replicar el algoritmo desarrollado por XM para obtener el precio spot y los perfiles de generación ideal de las plantas de los agentes de forma más parsimoniosa y que consigue replicar el precio observado bastante bien.

2.1. Mecanismo de Despacho Ideal

El operador de mercado define los perfiles de generación de las unidades y los precios spot a los que son remuneradas las unidades (Camelo et al., 2018; Perez & García-Rendón, 2020). Existen $i = 1, \dots, N$ firmas en el mercado que poseen $j = 1, \dots, J_i$ plantas. La firma i declara para cada día t una

oferta para sus plantas j de la forma $\mathbf{b}_i = \{b_{ij}, g_{ijh}\}_{j=1, \dots, J_i}^{h=0, \dots, 23}$, donde $b_{ij} \in \mathbb{R}$ es un precio ofertado constante para las 24 horas del día y $g_{ijh} \in \mathbb{R}^+$ es la disponibilidad declarada de generación para la hora h . Todas las ofertas son recolectadas por el operador de mercado el día $t - 1$ para definir los perfiles de generación para cada planta y el precio spot en cada hora del día t resolviendo el problema:

$$\min_{\{q_{ijh}\}} \sum_{h=0}^{23} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{J_i} b_{ij} q_{ijh}, \quad [1]$$

sujeto a

$$\left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{J_i} q_{ijh} - D_h^f \right\} \geq 0, \quad [2]$$

donde q_{ijh} es la cantidad de electricidad programada que debe generar la planta j de la firma i . D_h^f es la predicción de demanda del operador de mercado en la hora h . La condición 2 establece que la oferta debe ser, en cada hora, mayor o igual a la demanda pronosticada. La solución del sistema 1-2 permite obtener los perfiles de generación del día para cada una de las unidades del sistema (q_{ijh}) y el precio spot para cada hora (p_h). El precio spot es computado como el precio ofertado por la última unidad que fue requerida para satisfacer la demanda y que fue despachada por mérito. Se supone que este algoritmo asociado a la subasta del día siguiente es de conocimiento común de las firmas.

2.2. Reconciliaciones y Despacho Real: restricciones de red

Lo que se programa en el Despacho Ideal se conoce como Generación Ideal que, debido a las restricciones de red del sistema, no es igual a la Generación Real de las unidades del sistema. Cuando al Despacho Ideal se le suman las restricciones de red del sistema se tiene el Despacho Real, que es el despacho de las unidades que son necesarias para que el sistema pueda satisfacer la demanda en tiempo real condicionada a las restricciones que presenta la red. Bajo el mecanismo de Despacho Ideal son llamadas a generar las unidades cuyo precio ofertado está por debajo del máximo precio ofertado que corresponde a la última unidad requerida para satisfacer la demanda. Sin embargo, debido a las restricciones de red, algunas de las unidades llamadas a generar no podrán hacerlo en el Despacho Real. En el Despacho Real son llamadas a generar las unidades que sean capaces de reemplazar la generación asignada a las unidades que no pudieron entregar su producción debido a las restricciones de red. Esto implica que dichas unidades deben generar por encima de su generación ideal, lo que se conoce como generación por fuera de mérito o generación de seguridad. Estas diferencias entre generación real e ideal a nivel de planta se conocen como reconciliación. Cuando la diferencia entre generación real e ideal a nivel de planta toma un valor positivo se dice que la planta tiene una reconciliación positiva; en caso contrario, se dice que tiene una reconciliación negativa. Expresado en términos matemáticos:

$$R_{ijh}^+ = q_{ijh}^{real} - q_{ijh}^{ideal} > 0, \quad R_{ijh}^- = q_{ijh}^{ideal} - q_{ijh}^{real} > 0$$

La forma en que se remuneran las reconciliaciones positivas y se cobran las negativas está explicada en el Documento CREG-060 de 2010 y la Resolución CREG 034 de 2001. Cada unidad de energía que cuenta como reconciliación positiva se paga de forma diferente según la unidad generadora sea hidráulica o térmica:

$$P_{R, hidro}^+ = \min\{b_{ij}, P_{ij}^{ref, hidro}\}, \quad P_{R, ter}^+ = \min\{b_{ij}, P_{ij}^{ref, ter}\}$$

donde $P_{R, hidro}^+$ es un precio de referencia, calculado exógenamente por el operador de mercado, que mide los costos variables de operación de las unidades hidráulicas. $P_{R, ter}^+$ consiste en la suma de

los costos variables del suministro y transporte del combustible, costo de operación y mantenimiento, más las tarifas regulatorias. Debido a que mucha de la información incorporada en $P_{ij}^{ref,hydro}$ y $P_{ij}^{ref,ter}$ es de carácter confidencial, no se cuenta con estos datos. Sin embargo, en la modelación se propone una estrategia para lidiar con este inconveniente.

Por otro lado, cada unidad de reconciliación negativa conlleva un pago por parte de la firma igual al promedio del precio spot y el precio ofertado por la planta y éste es independiente del tipo de tecnología de la unidad generadora. Esto es:

$$P_R^- = \frac{p_h - b_{ij}}{2}$$

No existe un mecanismo de mercado que asigne las reconciliaciones positivas o negativas. Esto implica que las firmas no pueden controlar q_{ijh}^{real} para sus plantas, pero sí tienen control sobre q_{ijh}^{ideal} .

3. El modelo de comportamiento de la firma

El modelo se fundamenta en los trabajos de Reguant (2014), Camelo et al. (2018) y Perez y García-Rendón (2020). Sin embargo, estos trabajos no tienen en cuenta el comportamiento de las firmas en el mercado de las reconciliaciones. En el momento en que el operador planifica el despacho, las firmas no conocen las ofertas de sus rivales ni la demanda real por hora que se hará efectiva el día siguiente. Es de información pública los pronósticos de demanda (D_h^f), niveles y flujos de almacenamiento de agua de los embalses, precios de combustibles fósiles, así como los parámetros técnicos de todas las unidades generadoras. La información privada de las firmas contiene la cantidad de electricidad en contratos bilaterales y las ofertas de sus unidades. La firma i elige una oferta \mathbf{b}_i para maximizar sus beneficios esperados del día, condicional a una distribución de las ofertas de otras firmas (\mathbf{b}_{-i}) y la información disponible. Dada la información disponible, la expectativa de la firma i se toma sobre sus propias creencias de las estrategias de las otras firmas. Sea S el conjunto de todas las posibles combinaciones de unidades que son despachadas y s un estado de la naturaleza en que una posible combinación de unidades es despachada, el beneficio esperado de la firma i es:

$$E_{-i}[\Pi_i(\mathbf{b})] = \sum_{s \in S} \Pr(s|\mathbf{b}) E_{-i}[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s], \quad [3]$$

donde $\Pr(s|\mathbf{b}_i)$ es la probabilidad de que una combinación de unidades $s \in S$ sea despachada, condicional en las ofertas de la firma i . Para cada s , las unidades despachadas están determinadas por las ofertas realizadas \mathbf{b}_s .

Los beneficios de la firma i , condicional en el estado s y las estrategias \mathbf{b}_s , están dados por:

$$\begin{aligned} \Pi_i(\mathbf{b}_s) = \sum_{h=0}^{23} \left[(Q_{ih}(\mathbf{b}_s) - v_{ih})p_h(\mathbf{b}_s) + \sum_{j=1}^{J_i} \left(P_{ij}^+ \mathbf{1}_{ijh} R_{ijh}^+ - \left(\frac{b_{ij} + p_h(\mathbf{b}_s)}{2} \right) (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \right) \right] \\ - \sum_{j=1}^{J_i} C_{ij}(\mathbf{q}_{ij}(\mathbf{b}_s)), \end{aligned} \quad [4]$$

donde Q_{ih} es la cantidad total de electricidad producida por la firma i en la hora h que es determinada en el despacho. v_{ih} es la posición de ventas netas agregadas de la firma i en el mercado de contratos bilaterales. R_{ijh}^+ y R_{ijh}^- son las reconciliaciones positivas y negativas de la unidad j para la firma i en la hora h en el día t , respectivamente. Las reconciliaciones son la cantidad de electricidad

que la unidad de una firma debe generar adicional (positivas) o dejar de generar (negativas) de lo asignado en el Despacho Ideal por motivo de satisfacer la demanda en tiempo real debido a restricciones de red. $\mathbf{1}_{ijh}$ es un vector que toma el valor de 1 cuando la planta j de la firma i es solicitada en la hora h para atender una reconciliación positiva, y cero en caso contrario. Dado que para una planta no puede ocurrir que tenga reconciliaciones positivas y negativas en la misma hora, las reconciliaciones negativas se multiplican por $1 - \mathbf{1}_{ijh}$. Además, tenemos que $P_R^+ = \min\{b_{ij}, P_{ij}^{ref}\}$. C_{ij} representa la función de costos diarios totales de la planta j para la firma i . \mathbf{q}_{ij} es un vector que contiene el plan de generación para las 24 horas del día de la unidad j de la firma i . La función de beneficios de la firma i es el ingreso neto por ventas de electricidad más los pagos netos por reconciliaciones menos los costos. La cantidad, $Q_{ih} - v_{ih}$, es la que determina los incentivos de la firma para incrementar o bajar los precios en la subasta en Bolsa (Bushnell et al., 2008; Wolak, 2000). Cuando el mercado se ha vaciado, necesariamente debe ocurrir que la oferta asignada a la firma i sea igual a la demanda residual en el mercado $Q_{ih} = D_{ih}^R$.

Se supone que los incentivos dinámicos de las firmas se resumen en sus estructuras de costos. El problema dinámico de las unidades térmicas está relacionado con los costes asociados a la inflexibilidad por parte de las unidades para ajustar sus niveles de producción. Siguiendo a Reguant (2014), se propone la siguiente forma funcional para los costes de las unidades térmicas:

$$C_{ij}(\mathbf{q}_{ij}) = \sum_{j=0}^{J_i} \left(\gamma_{ij1} q_{ijh} + \frac{\gamma_{ij2}}{2} q_{ijh}^2 + \frac{\gamma_{ij3}}{2} (q_{ijh} - q_{ijh-1})^2 \right), \quad [5]$$

donde \mathbf{q}_{ij} es la cantidad producida por la unidad en el día. $\gamma_{ij1}, \gamma_{ij2}$ son parámetros del costo de producción y γ_{ij3} son los costos de ajustar los niveles de producción entre una hora y otra.

El problema dinámico de las unidades hidráulicas está relacionado con la capacidad de almacenar electricidad en forma de agua. Esto implica un costo de oportunidad intertemporal definido como la suma de los pagos futuros a los que renuncia la empresa para producir energía cuando libera agua en el período actual. Siguiendo a Balat et al. (2015), se propone la siguiente forma funcional para los costes de las unidades hidráulicas:

$$C_{ij}(\mathbf{q}_{ij}) = \left(\sum_{h=0}^{23} \lambda_{ij} q_{ijh} \right) + \Psi_{ij}(\mathbf{q}_{ij}, \omega_{ij}), \quad [6]$$

donde λ_{ij} es el costo marginal de producción y Ψ_{ij} es la valoración que tiene la firma i de la suma de sus futuros beneficios esperados asociados con la unidad j del estado actual del almacenamiento de agua diario en el embalse, ω_{ij} .

El problema que resuelve la firma i , para cada día, es elegir una estrategia de oferta \mathbf{b}_i que maximice sus beneficios esperados diarios:

$$\max_{\mathbf{b}_i} \sum_{s \in S} \Pr(s|\mathbf{b}) E_{-i}[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s]. \quad [7]$$

Dado que la estructura del juego conlleva que los resultados del día siguiente solo dependen de las estrategias que se juegan hoy, cada subjuego correspondiente a un día se puede resolver de forma condicionalmente independiente a los otros. Esto implica que las estrategias de equilibrio de las firmas no dependen del tiempo. Esta aproximación al problema es usual en la literatura sobre mercados eléctricos (Hortacsu & Puller, 2008; Wolak, 2003; Reguant, 2014).

El proceso que genera las reconciliaciones positivas y negativas no sigue un mecanismo de mercado como sí lo siguen el precio y las cantidades de electricidad generadas por las firmas. En este trabajo no se asume una estructura funcional para el proceso que siguen las reconciliaciones a nivel de planta. Para ello se sigue una estrategia de estimación con base en el método de *bootstrapping* que será expuesto más adelante y que utiliza la historia de las reconciliaciones para aproximar las expectativas de la firma.

En Colombia la regulación establece que las firmas deben declarar la disponibilidad técnica real que tengan las plantas a su disposición. Esto implica que no pueden ofertar disponibilidades g_{ijh} que no estén acorde con las características técnicas de sus plantas (Resolución CREG 004 de 2004). A continuación, se presentan las CPO para los precios ofertados por las firmas. La evidencia empírica señala que son los precios ofertados, en lugar de las cantidades, las variables estratégicas que las firmas modifican (Reguant, 2014).

$$\sum_{s \in S} \Pr(s|\mathbf{b}) \frac{\partial E_{-i}[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s, p_h = b_{ij}]}{\partial b_{ij}} + \sum_{s \in S} \frac{\partial \Pr(s|\mathbf{b})}{\partial b_{ij}} E_{-i} \left[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s, \frac{\partial p_h}{\partial b_{ij}} \neq 0 \right] = 0. \quad [8]$$

Dado que cambios marginales de los precios ofertados por las firmas afectan los resultados del mercado solamente cuando ella establece el precio spot con una probabilidad positiva, entonces la derivada de los beneficios esperados de la firma con respecto a los precios ofertados debe estar condicionada a $p_h = b_{ij}$. El primer término de la Ecuación 8 representa el cambio en el beneficio esperado de la firma cuando se da un pequeño cambio en b_{ij} . El segundo término representa el cambio en la probabilidad de que alguna de las unidades en s sea despachada cuando la unidad i, j establece el precio marginal del sistema. Ocurre que $\frac{\partial \Pr(s|\mathbf{b})}{\partial b_{ij}} \neq 0$ solamente cuando b_{ij} es lo suficientemente alto entre las unidades en s como para que exista, al menos, una unidad $k \notin s$ que haga que el despacho sea técnicamente factible y el costo del despacho sea suficientemente bajo. Esto implica que un cambio marginal en b_{ij} , cuando establece el precio spot, altera en gran medida la probabilidad de que las unidades que conforman s sean despachadas. Dado que es poco usual que cambios marginales en la oferta b_{ij} de una unidad alteren el despacho de tal forma se formula el siguiente supuesto tomado de Reguant (2014):

Supuesto 1 (no pivotalidad): $\frac{\partial \Pr(s|\mathbf{b})}{\partial b_{ij}} = 0$, esto es, cambios marginales en las ofertas no alteran la probabilidad de ocurrencia de un determinado perfil de despacho s .

Este supuesto implica que:

$$\sum_{s \in S} \frac{\partial \Pr(s|\mathbf{b})}{\partial b_{ij}} E_{-i} \left[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s, \frac{\partial p_h}{\partial b_{ij}} \neq 0 \right] = 0. \quad [9]$$

Como las CPO del problema están dadas por 8, bajo la condición 9, tenemos que:

$$\sum_{s \in S} \Pr(s|\mathbf{b}) \frac{\partial E_{-i}[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s, p_h = b_{ij}]}{\partial b_{ij}} = 0. \quad [10]$$

En lo que sigue, para facilitar la notación no haremos explícitas la dependencia de las variables Q_{ih}, q_{ijh}, p_h del vector de despacho s , pero en los cálculos se tendrá en cuenta dicha dependencia. Por otro lado, tendremos en cuenta que, $\frac{\partial p_h}{\partial b_{ij}} = 1$ cuando $p_h = b_{ij}$ y $\frac{\partial v_{ih}}{\partial b_{ij}}$ (para un momento h las cantidades contratadas a plazo no son afectadas por el precio ofertado). Dado que $p_h = b_{ij}$, entonces se condiciona sobre la expectativa de que la unidad j de la firma i es despachada para producir energía. Esto implica que $\Pr(s|\mathbf{b}) \neq 0 \forall s \in S$ cuando la unidad j es despachada, es decir, cuando $p_h = b_{ij}$ cualquier

combinación s posible en la que la unidad j de la firma i es despachada tiene una probabilidad positiva de salir despachada. Por ello, debe ocurrir que:

$$\frac{\partial E_{-i}[\Pi_i(\mathbf{b}_s)|s, p_h = b_{ij}]}{\partial b_{ij}} = 0. \quad [11]$$

Para hacer más fácil el análisis de estas CPO y aprovechando su linealidad estudiaremos la expresión 11 en dos partes. Una primera parte asociada a los términos de ingresos por ventas netas de electricidad con los costos y la segunda parte estudia el efecto de las reconciliaciones sobre los beneficios. Para la primera parte de la expresión 10 tenemos que:

$$E_{-i} \left[(Q_{ih} - v_{ih}) \frac{\partial p_h}{\partial b_{ij}} + \frac{\partial(Q_{ih} - v_{ih})}{\partial b_{ij}} (p_h) - \frac{\partial C_{ij}}{\partial b_{ij}} \Big| s, p_h = b_{ij} \right], \quad [12]$$

$$E_{-i} \left[(Q_{ih} - v_{ih}) + b_{ij} \frac{\partial Q_{ih}}{\partial b_{ij}} - \frac{\partial C_{ij}}{\partial q_{ijh}} \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \Big| s, p_h = b_{ij} \right], \quad [13]$$

Para la segunda parte de la expresión 10 tenemos:

$$E_{-i} \left[\frac{\partial \sum_{j=1}^{J_i} \left(P_{ij}^+ \mathbf{1}_{ijh} R_{ijh}^+ - \left(\frac{b_{ij} + p_h}{2} \right) (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \right)}{\partial b_{ij}} \Big| s, p_h = b_{ij} \right], \quad [14]$$

Dado que las reconciliaciones, sean positivas o negativas, son función de las cantidades generadas en el despacho ideal ($R = q^{real} - q^{ideal}$), estas se ven afectadas por cambios marginales en los precios ofertados, esto es, $\frac{\partial R_{ijh}^+}{\partial b_{ij}} = -\frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \geq 0$ y $\frac{\partial R_{ijh}^-}{\partial b_{ij}} = \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \leq 0$. Por otro lado, asumiremos que $P_{ij}^+ = \tau b_{ij}$ con $0 < \tau \leq 1$, es decir, las firmas esperan que el día siguiente el precio que reciben por reconciliaciones positivas sea igual a una parte del precio que ofertan sus plantas, o igual a este. A partir de esto tenemos que:

$$\sum_{h=0}^{23} E \left(\mathbf{1}_{ijh} \tau R_{ijh}^+ + \tau b_{ij} \mathbf{1}_{ijh} \frac{\partial R_{ijh}^+}{\partial b_{ij}} - \left(\frac{1}{2} (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \right) - \left(\frac{b_{ij} + p_h}{2} \right) (1 - \mathbf{1}_{ijh}) \frac{\partial R_{ijh}^-}{\partial b_{ij}} \sum_{j=1}^{J_i} \frac{1}{2} \frac{\partial p_h}{\partial b_{ij}} (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \Big| s, p_h = b_{ij} \right). \quad [15]$$

Dado que condicionamos en $p_h = b_{ij}$ tenemos:

$$\sum_{h=0}^{23} E \left(\mathbf{1}_{ijh} \tau R_{ijh}^+ - (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- + b_{ij} \left(\mathbf{1}_{ijh} \frac{\partial R_{ijh}^+}{\partial b_{ij}} - (1 - \mathbf{1}_{ijh}) \frac{\partial R_{ijh}^-}{\partial b_{ij}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{k \in J_i, k \neq j} (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \Big| s, p_h = b_{ij} \right). \quad [16]$$

En la Expresión 16 se presentan 4 términos. Los términos primero y segundo capturan el cambio en los beneficios esperados derivados del pago adicional por cada unidad de reconciliación positiva o negativa. El tercer término captura el cambio marginal en los beneficios esperados que resulta del cambio en las reconciliaciones positivas o negativas. El cuarto término representa la caída en los

beneficios esperados dado que un mayor precio ofertado implica un mayor pago por reconciliaciones negativas por cada planta $k \neq j$. Juntando las expresiones 13 y 16, y teniendo en cuenta que $\frac{\partial R_{ijh}^+}{\partial b_{ij}} = -\frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}}$ y $\frac{\partial R_{ijh}^-}{\partial b_{ij}} = \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}}$, tenemos:

$$\begin{aligned} \sum_{h=0}^{23} E_{-i} \left((Q_{ih} - v_{ih}) + b_{ij} \frac{\partial Q_{ih}}{\partial b_{ij}} - \frac{\partial C_{ij}}{\partial q_{ijh}} \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} + \mathbf{1}_{ijh} \tau R_{ijh}^+ - (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \right. \\ \left. + b_{ij} (1 - (1 - \tau) \mathbf{1}_{ijh}) \left(-\frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{k \in J, k \neq j} (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \Big|_{s, p_h = b_{ij}} \right) \\ = 0. \end{aligned} \quad [17]$$

Reorganizando los términos anteriores y despejando para b_{ij} tenemos la siguiente Proposición.

Proposición 1: Bajo el Supuesto 1, una condición necesaria de primer orden para la optimalidad de b_{ij} para la unidad j de la firma i está dada por:

$$\begin{aligned} b_{ij} \\ = \frac{\sum_{h=0}^{23} E_{-i} \left(\frac{\partial C_{ij}}{\partial q_{ijh}} \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \Big|_{s, p_h = b_{ij}} \right)}{\sum_{h=0}^{23} E_{-i} \left(\frac{\partial Q_{ih}}{\partial b_{ij}} - (1 - (1 - \tau) \mathbf{1}_{ijh}) \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \Big|_{s, p_h = b_{ij}} \right)} \\ - \frac{\sum_{h=0}^{23} E_{-i} (Q_{ih} - v_{ih} | s, p_h = b_{ij})}{\sum_{h=0}^{23} E_{-i} \left(\frac{\partial Q_{ih}}{\partial b_{ij}} - (1 - (1 - \tau) \mathbf{1}_{ijh}) \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \Big|_{s, p_h = b_{ij}} \right)} \\ - \frac{\sum_{h=0}^{23} E_{-i} \left(\mathbf{1}_{ijh} \tau R_{ijh}^+ - (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- - \frac{1}{2} \sum_{k \in J, k \neq j} (1 - \mathbf{1}_{ijh}) R_{ijh}^- \Big|_{s, p_h = b_{ij}} \right)}{\sum_{h=0}^{23} E_{-i} \left(\frac{\partial Q_{ih}}{\partial b_{ij}} - (1 - (1 - \tau) \mathbf{1}_{ijh}) \frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} \Big|_{s, p_h = b_{ij}} \right)}. \end{aligned} \quad [18]$$

La Ecuación 18 representa una versión alternativa de la oferta óptima en una configuración tradicional de subasta de precio uniforme (Hortacsu & Puller, 2008; Vickrey, 1961). Estas estrategias definen un equilibrio bayesiano perfecto que por simplicidad se restringe solo a estrategias simétricas. Esta ecuación establece que el precio ofertado óptimo de una unidad (b_{ij}) es igual al costo marginal promedio ponderado más dos márgenes de beneficio: uno asociado a la posición neta de ventas de electricidad, y el otro asociado a las posiciones en reconciliaciones positivas y negativas. La ecuación describe el comportamiento de unidades con una probabilidad positiva de salir despachadas el día siguiente dado que se condiciona sobre $p_h = b_{ij}$.

Dado que $\frac{\partial Q_{ih}}{\partial b_{ij}} < 0$ y $\frac{\partial q_{ijh}}{\partial b_{ij}} < 0$ el signo que toma el margen de beneficios asociado a la cantidad de ventas neta de la firma depende del signo de la expectativa condicional de este ($Q_{ih} - v_{ih}$). Cuando la firma establece el precio spot y espera que la cantidad neta vendida tome un valor positivo, la firma tendrá que vender en Bolsa parte de la cantidad producida, por lo que tiene incentivos a poner precios más altos que sus costos marginales. Este análisis indica que mayores cantidades contratadas tienden a reducir los márgenes de beneficios de las firmas. En caso de que la firma sea un comprador neto en Bolsa ($Q_{ih} - v_{ih} < 0$) sus precios ofertados tenderán a ser más bajos que sus costos marginales.

El signo que toma el margen de beneficios asociado a las reconciliaciones de la firma depende de la expectativa de reconciliaciones positivas o negativas de la unidad j y la suma de todas las

reconciliaciones negativas de las otras unidades. Si la firma espera que la unidad j mantenga unas reconciliaciones positivas, entonces la firma tenderá a cargar un precio de oferta más alto a dicha unidad. En cambio, si espera tener reconciliaciones negativas la firma tenderá a cargar un precio de oferta más bajo para dicha unidad. Dado que las reconciliaciones negativas se pagan con un componente asociado al precio spot, cualquier cambio en el precio ofertado de una unidad marginal puede afectar el pago que la firma realiza sobre reconciliaciones negativas de todas las otras unidades. Esto implica que las firmas tenderán a ser más cuidadosas con relación a lo que esperan de las reconciliaciones negativas en el día siguiente.

A partir de la Ecuación 18 se pueden establecer las siguientes predicciones teóricas para unidades generadoras que tienen una probabilidad positiva de salir despachadas en el día siguiente:

Predicción 1: $\frac{\partial b_{ij}}{\partial E[R_{ij}^+|S]} \geq 0$, esto es, la firma i tienden a incrementar el precio ofertado b para su unidad j cuando esta espera que el nivel de reconciliaciones positivas de la planta j incremente condicional en que la unidad espere ser despachada.

Predicción 2: $\frac{\partial b_{ij}}{\partial E[R_{ij}^-|S]} \leq 0$, esto es, la firma i tienden a disminuir el precio ofertado b para su unidad j cuando esta espera que el nivel de reconciliaciones negativas de la planta j incremente condicional en que la unidad espere ser despachada.

Predicción 3: $\frac{\partial b_{ij}}{\partial E[R_{ik}^-|S]} \leq 0 \quad \forall k \neq j$, esto es, la firma i tienden a disminuir el precio ofertado b para su unidad j cuando esta espera que el nivel de reconciliaciones negativas de la planta k incremente, siendo k una planta diferente a j , condicional en que la unidad j espere ser despachada.

3.1. Estimación de los términos de expectativas

Para construir expresiones que permitan aproximar las creencias de las firmas sobre las reconciliaciones futuras y las probabilidades de despacho se sigue el algoritmo de *bootstrapping* de Reguant (2014). El procedimiento busca simular las creencias de una firma i sobre los futuros estados de las variables con base en su historia. Este tiene los siguientes pasos:

- 1) Para una firma i y un día t en particular se fijan las estrategias \mathbf{b}_i elegidas y se define un conjunto de días anteriores similares a t siguiendo a Gans y Wolak (2008). Los días similares se definen como aquellos que tienen una predicción de demanda de electricidad cercana y pertenecen a una categoría de día similar: (1) lunes, (2) martes, miércoles, jueves y viernes, y (3) sábado y domingo. De los 90 días similares anteriores al día t se toma la diferencia en valor absoluto de la demanda predicha por XM con relación al día t , luego, se toman aquellos días cuya diferencia en la demanda predicha estuvo entre el 50% más bajo.
- 2) Se toman aleatoriamente del conjunto de días del paso 1 las estrategias de los rivales \mathbf{b}_{-i} y para cada planta de la firma las reconciliaciones positivas ($R^{+,bs}$) y negativas ($tR^{-,bs}$). Dado que es posible que el algoritmo encuentre valores para ambos R^+ y R^- , pero solo uno de los dos puede suceder a nivel de planta, se realiza la resta entre ambos. Cuando la resta tome un valor positivo se definirá que la firma i espera que la unidad j tenga una reconciliación positiva, en caso de que la resta tome un valor negativo se definirá una reconciliación negativa. Posteriormente, con las estrategias de los rivales y de la propia firma se realiza el despacho ideal y se coloca el valor de 1 a las plantas que fueron despachadas de la firma y cero a las que no. Para el remuestreo aleatorio bs en el día t se guardan estos valores.
- 3) Repitiendo este procedimiento B veces se pueden aproximar las expectativas de la firma sobre las reconciliaciones de sus plantas en el día t y las probabilidades de que estas sean despachadas.

La expectativa de la firma i sobre las reconciliaciones de sus J_i plantas las definimos como el valor medio de las reconciliaciones entre los B remuestreos para cada planta j de la firma:

$$\hat{E}[R_{ijh}^+] = \frac{1}{B} \sum_{bs=1}^B R_{ijh}^{+,bs}, \quad \hat{E}[R_{ijh}^-] = \frac{1}{B} \sum_{bs=1}^B R_{ijh}^{-,bs}.$$

La probabilidad $0 \leq p \leq 1$ de que la planta j de una firma i salga despachada en el día siguiente la estimamos como:

$$\hat{p} = \frac{1}{B} \sum_{bs=0}^B \mathbf{1}_{ij}^{bs},$$

donde $\mathbf{1}_{ij}^{bs}$ es una variable toma el valor de 1 cuando la planta j de la firma i salió despachada en el resmuestreo bs , y cero en caso contrario. \hat{p} mide la proporción que representa el evento despacho para la planta j en el total de B remuestreos.

3.2. Estrategia econométrica

Para el análisis empírico se toman datos del operador de mercado, que están disponibles de manera pública. Se tiene la información necesaria para llevar a cabo la simulación del Despacho Ideal: precios ofertados, disponibilidades declaradas, y pronósticos de demanda horarios. Adicionalmente, se tiene información sobre las reconciliaciones positivas y negativas, volumen embalsado, caudal de los ríos, todas a nivel de planta y con frecuencia diaria. Los datos sobre precios de los combustibles son tomados de *Investing* (Tabla A1). Para la modelación se tendrán las siguientes convenciones:

$$R_{ijt}^{+,e} = \hat{E} \left[\sum_{h=0}^{23} R_{ijh,t}^+ \right], \quad R_{ijt}^{-,e} = \hat{E} \left[\sum_{h=0}^{23} R_{ijh,t}^- \right], \quad R_{it,-j}^{-,e} = \hat{E} \left[\sum_{h=0}^{23} \sum_{k \in J_i, k \neq j} R_{ijk,t}^- \right],$$

$$disp_{ijt} = \sum_{h=0}^{23} disp_{ijh,t}, \quad \Delta disp_{ijt} = \sum_{h=0}^{23} (2disp_{ij,h} - disp_{ij,h-1} - disp_{ij,h+1}).$$

El subíndice t identifica el día en que se tiene la información, por lo que los precios ofertados, las disponibilidades declaradas y las expectativas formadas en el día t se comparan con la información disponible un día antes. $disp$ es la disponibilidad declarada por la planta para generar en el día. El término $\Delta disp$ representa la inflexibilidad de las unidades térmicas cuando deben aumentar su generación entre una hora y otra durante el día (una aproximación al parámetro γ_3 de la función de costos de las unidades térmicas). En este trabajo se proponen modelos econométricos a nivel de unidad según el tipo de tecnología: hidráulica o térmica. Los controles que se incluyen son información disponible el día $t - 1$ que las firmas utilizan para ofertar sus precios con los que compite en el día t .

Unidades hidráulicas:

Para las unidades hidráulicas se propone el siguiente modelo econométrico:

$$b_{ijt} = \beta_0 + \beta_1(caudal_{ijt}) + \beta_2(volumen_{ijt}) + \beta_3(caudal\ rivalet_{it}) + \beta_4(volumen\ rivalet_{it}) \\ + \beta_5(disp_{ijt}) + \beta_6(demanda_t) + \beta_7(d_{ijt} \times R_{ijt}^{+,e}) + \beta_8(d_{ijt} \times R_{ijt}^{-,e}) \\ + \beta_9(d_{ijt} \times R_{it,-j}^{-,e}) + \theta_{1j} + u_{1ijt}, \quad [19]$$

donde d es una variable dummy que toma el valor de 1 cuando la firma i espera que la planta j tenga una probabilidad positiva de salir despachada, y cero en caso contrario. $caudal$ es el caudal del

río sobre el que se ubica la planta generadora en el día t , $volumen$ es el volumen embalsado por la planta generadora en el día t . Se controla por los niveles de caudales y volumen de embalses promedio de las plantas de las firmas rivales ($volumen_rivales, caudal_rivales$). Estas variables se utilizan para aproximar el costo marginal de la unidad hidráulica j en el día t para la firma i . Cabe aclarar que no se interactúan los determinantes de los costos marginales con d dado que la identificación de los costos marginales no depende de si la planta fue despachada o no. Otra variable importante para explicar los precios ofertados por las firmas es $demanda$. Adicionalmente, θ_1 es un efecto fijo a nivel de planta.

Unidades térmicas:

Para las unidades térmicas se propone el siguiente modelo econométrico:

$$\begin{aligned}
 b_{ijt} = & \alpha_0 + \alpha_1(carbon_t) + \alpha_2(gas_t) + \alpha_3(wti_t) + \alpha_4(trm_t) + \alpha_5(disp_{ijt}) + \alpha_6(\Delta disp_{ijt}) \\
 & + \alpha_7(demanta_t) + \alpha_8(vol\ total_t) + \alpha_9(cau\ total_t) + \alpha_{10}(d_{ijt} \times R_{ijt}^{+,e}) \\
 & + \alpha_{11}(d_{ijt} \times R_{ijt}^{-,e}) + \alpha_{12}(d_{ijt} \times R_{it,-j}^{-,e}) + \theta_{2j} + u_{2ijt}, \quad [20]
 \end{aligned}$$

donde $carbon, gas, wti, trm$ es el precio internacional del carbón, gas, petróleo (WTI) y el tipo de cambio peso-dólar, respectivamente. Estas variables se utilizan para aproximar el costo marginal para la planta j de la firma i . Otras variables de importancia para las firmas con unidades térmicas al momento de elegir sus ofertas son la demanda total del día ($demanda$) y la hidrología del SIN (volumen total de agua embalsado $vol\ total$, y caudal total de los ríos $cau\ total$). Adicionalmente, θ_2 es un efecto fijo a nivel de planta.

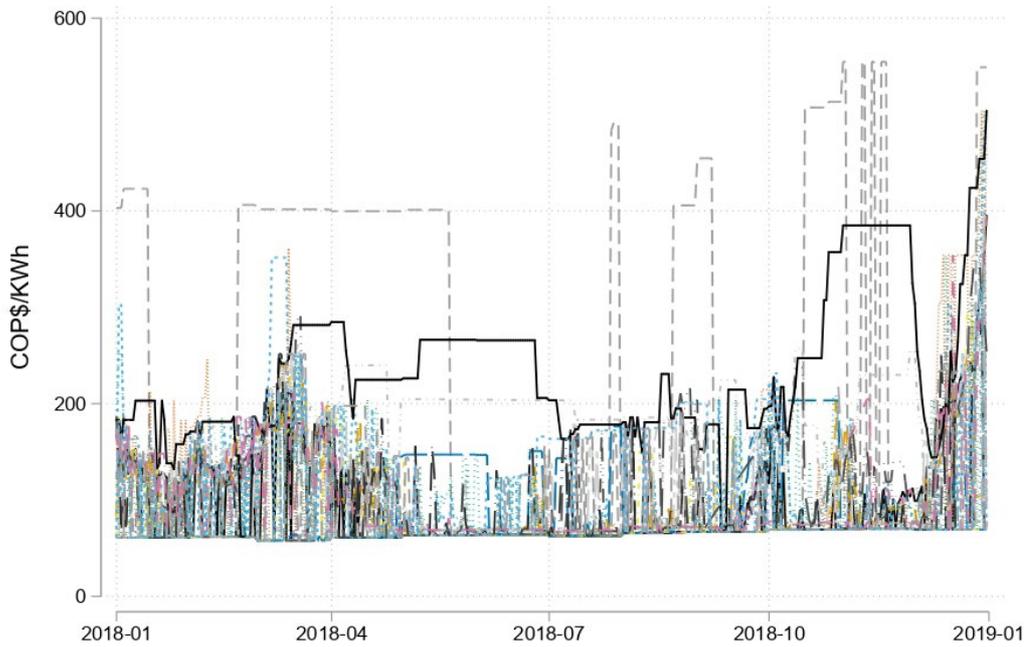
4. Evidencia empírica

Para contrastar la hipótesis sobre la relación entre precios ofertados y los niveles esperados de reconciliaciones utilizamos plantas que ofertaron en la Bolsa de Energía de Colombia durante los días del año 2018. Entre estas plantas utilizamos información solamente de aquellas que ofertaron una disponibilidad de generación mayor que cero. La muestra comprende 20 unidades hidráulicas y 34 unidades térmicas. Las unidades hidráulicas ofertan precios más bajos y disponibilidades mayores a generar en el despacho del día siguiente. Además, las unidades hidráulicas suelen experimentar en mayor medida reconciliaciones negativas que positivas, en cambio, las unidades térmicas experimentan en mayor medida reconciliaciones positivas que negativas.

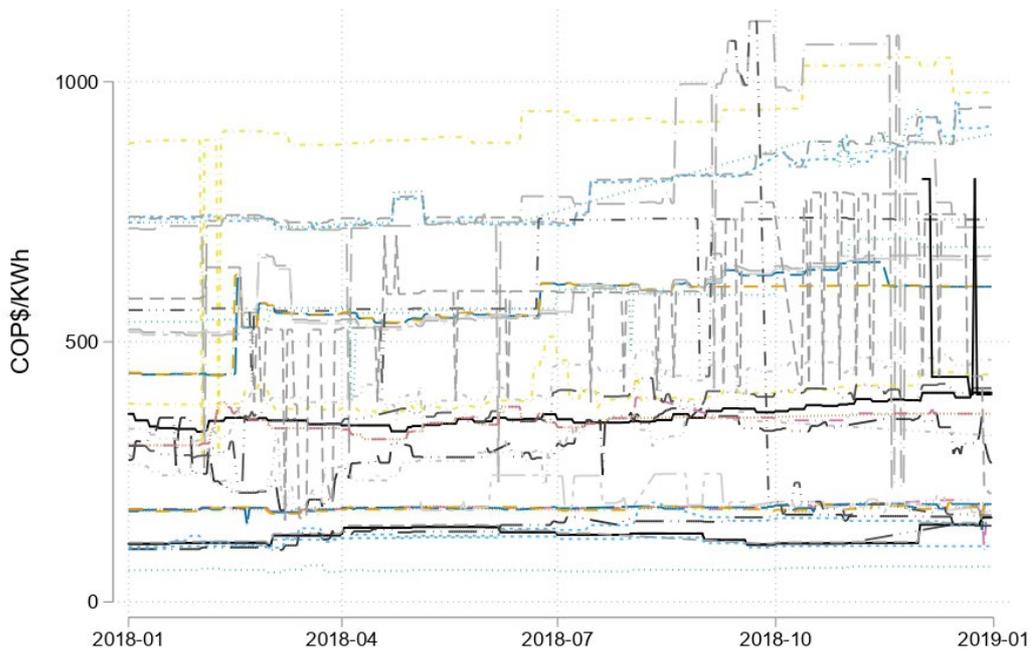
La Figura 1 presenta los precios ofertados por las unidades hidráulicas y térmicas en el año 2018. Se destaca la alta variabilidad que presentan los precios ofertados de las unidades hidráulicas. Esto puede explicarse por la alta variabilidad de los caudales de los ríos que alimentan las centrales hidroeléctricas. Para los precios ofertados por las unidades térmicas se observa que muchos de estos tienen un comportamiento más estable. Por otro lado, los precios ofertados por las unidades hidráulicas tienden a estar agrupados en valores cercanos entre sí, pero para las unidades térmicas se observa una mayor dispersión de los precios ofertados. Esto se explica por los diferentes combustibles que utilizan las centrales termoeléctricas.

Las Tablas 1 y 2 presentan los resultados de las estimaciones para las unidades hidráulicas y térmicas, respectivamente. Las columnas (1)-(3) representan estimaciones donde las firmas forman expectativas sobre el nivel futuro de sus reconciliaciones, las columnas (4)-(6) representan estimaciones asumiendo que las firmas tienen previsión perfecta sobre sus futuros niveles de reconciliaciones, esto es, conocen el valor exacto de estas en el día siguiente. Este escenario sirve como una posible alternativa a nuestra estrategia de formación de expectativas.

Figura 1. Precios ofertados.



a) Unidades hidráulicas



b) Unidades térmicas

Fuente: Elaboración propia con datos de XM.

Para las unidades hidráulicas se encuentra que incrementos en la expectativa del nivel de reconciliaciones negativas de la planta o de las otras plantas de la firma tienden a reducir los precios ofertados. Este resultado es robusto a la inclusión de efectos fijos de firma o de planta. No se encuentra relación entre los precios ofertados y el nivel esperado de reconciliaciones positivas de las unidades de la firma. Asimismo, se encuentra que incrementos en la demanda no tienen relación con los precios ofertados. Este hecho refleja que las unidades hidráulicas, que tienden a ofertar precios más bajos y ser

despachadas en mayor medida, no ven su comportamiento alterado por cambios en la demanda. Mayores niveles de volumen de agua almacenada en la planta tienden a disminuir los precios ofertados, igual que incrementos en los caudales de los ríos que alimentan las plantas de los rivales. Estos resultados son los esperados dado que mayores niveles de agua embalsada tienden a disminuir el coste de oportunidad del agua y mayores niveles de caudales para los rivales tiende a aumentar la competencia entre las firmas por el despacho en el día siguiente. Finalmente, cuando se asume previsión perfecta por parte de las firmas se encuentran resultados similares a los obtenidos bajo formación de expectativas, salvo que ahora las reconciliaciones positivas tienen una relación positiva y significativa con los precios ofertados.

Tabla 1. Regresiones: unidades hidráulicas.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Formación de expectativas			Previsión perfecta		
	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado
<i>d x Recon Pos</i>	-0.156 (0.156)	-0.178 (0.174)	-0.196 (0.183)	0.00931* (0.00535)	0.0103* (0.00540)	0.0110** (0.00430)
<i>d x Recon Neg</i>	-0.0178*** (0.00384)	-0.0175*** (0.00339)	-0.0133*** (0.00241)	0.00502*** (0.00110)	0.00466*** (0.000894)	0.00381*** (0.000604)
<i>d x Recon Neg (-j)</i>	0.00894*** (0.00289)	0.00702*** (0.00189)	0.00708*** (0.00187)	-0.00331** (0.00132)	-0.000635* (0.000320)	0.000879** (0.000313)
<i>Disponibilidad</i>	0.269 (0.805)	1.161* (0.664)	-0.680 (0.930)	-1.571 (0.957)	0.267 (0.545)	-0.862 (1.028)
<i>Demanda</i>	-0.0835 (0.123)	-0.0534 (0.115)	-0.0791 (0.117)	-0.289** (0.102)	-0.326*** (0.0875)	-0.310*** (0.0845)
<i>Volumen</i>	0.00427 (0.0104)	0.0108 (0.00992)	-0.0479* (0.0266)	0.00341 (0.00797)	0.0118 (0.00874)	-0.0513* (0.0256)
<i>Caudal</i>	-0.0393** (0.0176)	-0.0758 (0.0440)	-0.0769 (0.0477)	-0.0248 (0.0169)	-0.0912* (0.0525)	-0.0955 (0.0576)
<i>Volumen rivales</i>	-0.0688 (0.0495)	-0.113** (0.0539)	-0.0678 (0.0463)	-0.0497 (0.0526)	-0.0757 (0.0541)	-0.0306 (0.0454)
<i>Caudal rivales</i>	-0.196** (0.0744)	-0.185* (0.0900)	-0.183** (0.0861)	-0.252*** (0.0621)	-0.183* (0.0936)	-0.178* (0.0891)
<i>Constante</i>	246.4*** (33.42)	244.7*** (27.49)	270.5*** (28.84)	260.7*** (36.58)	243.8*** (29.44)	261.1*** (28.91)
EF Firma	NO	SI	NO	NO	SI	NO
EF Planta	NO	NO	SI	NO	NO	SI
<i>Observaciones</i>	7,146	7,146	7,146	7,146	7,146	7,146
<i>R-cuadrado</i>	0.224	0.266	0.378	0.143	0.236	0.355

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01.

Nota: Errores estándar corregidos por cluster a nivel de planta entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Regresiones: unidades térmicas

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Formación de expectativas			Previsión perfecta		
	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado	Precio ofertado
<i>d x Recon Pos</i>	-0.0311 (0.0239)	-0.00449 (0.00310)	-0.00346 (0.00291)	-0.0300 (0.0213)	-0.00478 (0.00325)	-0.00357 (0.00277)
<i>d x Recon Neg</i>	-1.395*** (0.246)	-0.0586*** (0.0209)	-0.0355* (0.0206)	-0.218*** (0.0467)	-0.00978 (0.00664)	-0.0142* (0.00750)
<i>d x Recon Neg (-j)</i>	-0.0413*** (0.00833)	-0.0712*** (0.0110)	-0.00224 (0.00235)	-0.0254*** (0.00578)	-0.0393*** (0.0109)	-0.000804 (0.00133)
<i>Disponibilidad</i>	1.221 (8.426)	-10.26*** (1.036)	-21.08 (13.93)	3.751 (8.674)	-10.10*** (1.107)	-21.09 (13.97)
<i>Disp Inflexibilidad</i>	-325.3 (245.7)	-363.0 (391.1)	-391.4 (377.1)	-296.6 (254.4)	-330.4 (385.4)	-391.7 (377.7)
<i>Demanda</i>	1.253*** (0.265)	1.021*** (0.273)	0.252*** (0.0742)	0.799*** (0.159)	0.696*** (0.155)	0.235*** (0.0734)
<i>Carbón</i>	1.095 (1.150)	0.654 (0.689)	1.038* (0.525)	0.966 (1.320)	-0.303 (0.890)	1.060** (0.503)
<i>Gas</i>	21.74 (13.46)	6.000 (6.211)	2.053 (5.111)	12.07 (11.62)	6.529 (7.057)	1.818 (5.038)
<i>WTI</i>	1.205 (0.998)	2.180*** (0.631)	1.180** (0.449)	0.763 (0.804)	0.669 (0.630)	1.159** (0.429)
<i>TRM</i>	0.215*** (0.0554)	0.213*** (0.0427)	0.130*** (0.0210)	0.147*** (0.0455)	0.153*** (0.0337)	0.127*** (0.0208)
<i>Volumen SIN</i>	-0.00931** (0.00430)	-0.00614 (0.00388)	0.00326** (0.00131)	-0.00119 (0.00393)	0.00103 (0.00256)	0.00354*** (0.00127)
<i>Caudal SIN</i>	0.00808** (0.00386)	0.00502** (0.00206)	0.00179 (0.00184)	0.00275 (0.00447)	0.00100 (0.00235)	0.00156 (0.00190)
<i>Constante</i>	-561.2** (212.7)	-482.8*** (164.0)	-136.3 (98.54)	-311.3* (180.6)	-165.2 (125.5)	-126.3 (99.65)
<i>EF Firma</i>	NO	SI	NO	NO	SI	NO
<i>EF Planta</i>	NO	NO	SI	NO	NO	SI
<i>Observaciones</i>	10,518	10,518	10,518	10,518	10,518	10,518
<i>R-cuadrado</i>	0.218	0.856	0.955	0.110	0.778	0.955

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01.

Nota: Errores estándar corregidos por cluster a nivel de planta entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia.

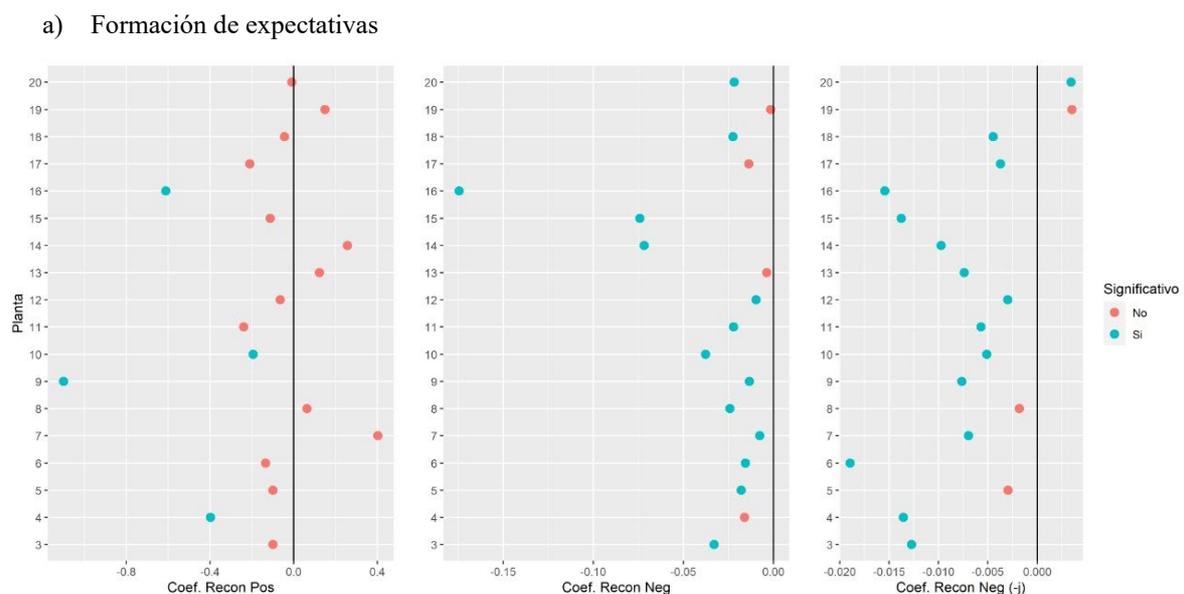
Para las unidades térmicas se encuentra que un incremento en la expectativa del nivel de reconciliaciones negativas de la planta, o del resto de las plantas de la firma, tiende a reducir los precios ofertados de la planta. Este resultado es robusto a la inclusión de efectos fijos de firma o de planta. No se encuentra relación entre los precios ofertados y el nivel esperado de reconciliaciones positivas. Además, se observa que un incremento en la demanda tiende a aumentar los precios ofertados. Esto refleja que para niveles mayores de demanda, las plantas esperan que se relaje la competencia entre estas dado que ahora el tamaño del mercado es mayor, con lo que pueden fijar precios un poco mayores.

Incrementos en el precio del carbón, el precio del petróleo o el tipo de cambio tienden a incrementar los precios ofertados de las unidades térmicas. Finalmente, se encuentra que incrementos en el volumen total de agua embalsada en el SIN tiende a incrementar los precios ofertados de las unidades térmicas. Este resultado no tiene la relación que se espera entre ambas variables, dado que un mayor volumen de agua embalsada implica que las unidades térmicas deben competir más entre ellas para ganarse el derecho a ser despachadas y por ello deberían reducir sus precios ofertados. Bajo previsión perfecta existe evidencia de una relación positiva entre precios ofertados y reconciliaciones positivas, como predice por nuestro modelo.

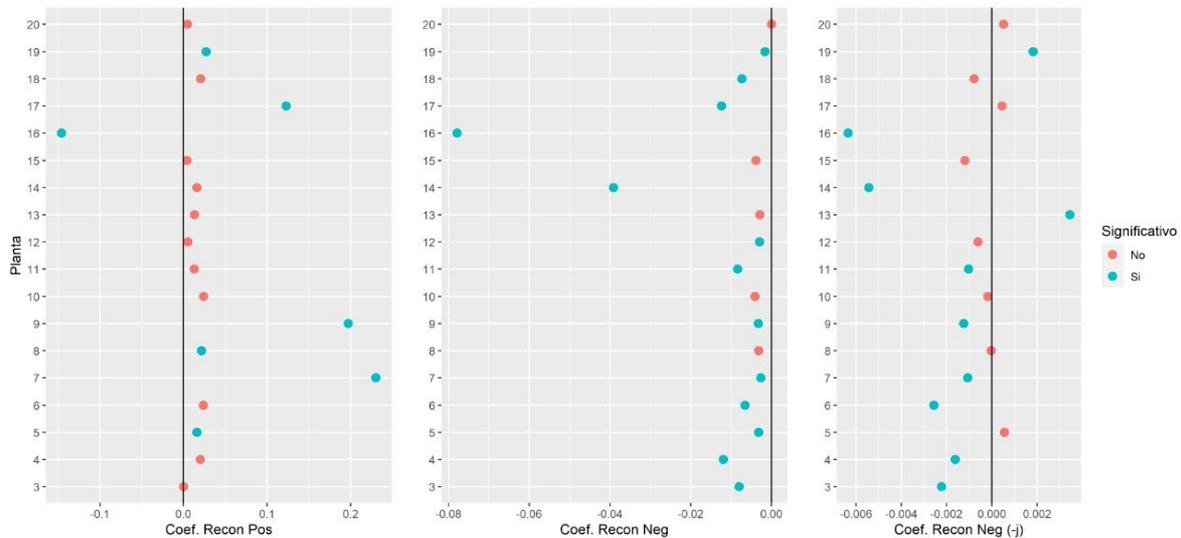
Es posible que exista algún grado de heterogeneidad en la respuesta de las plantas ante las diferentes variables de interés en el modelo. Por tanto, para llevar a cabo este análisis seguimos la metodología de Greene (2012, pp. 417-418). La Figura 2 presenta la heterogeneidad en la respuesta de las firmas ante los fundamentales de los costos marginales y los niveles de las reconciliaciones. En ésta se presentan los coeficientes individuales estimados por planta para las reconciliaciones positivas, negativas propias y de las otras plantas de la firma para las plantas hidráulicas bajo formación de expectativas (parte a) y asumiendo previsión perfecta (parte b). Todos los coeficientes se reportan con un color para aquellos que son significativos al 5% (azul) y aquellos que no lo son (rojo).

Para las unidades térmicas no es posible obtener estimadores bajo el método de coeficientes aleatorios de Greene (2012), dado que buena parte de las unidades térmicas no suelen ser asignadas en el despacho ideal, en cambio salen en el despacho real. Esto implica que para una buena parte de las unidades no es posible estimar coeficientes individuales para la relación entre precios ofertados y las reconciliaciones dado que no se tiene la suficiente variabilidad. No conocemos un método que permita abordar este problema bajo la estructura de Greene (2012). Por ello, nos limitaremos a no mostrar resultados de la estimación de coeficientes individuales para unidades térmicas. Cabe destacar que el estadístico C que permite contrastar entre el modelo de parámetros individuales y el modelo clásico de parámetros homogéneos (hipótesis nula) toma un valor de 4502.61 bajo formación expectativas y 4889.735 asumiendo previsión perfecta. Estos valores del estadístico C indican que se rechaza la hipótesis nula del modelo de parámetros homogéneos para unidades hidráulicas.

Figura 2. Parámetros individuales para reconciliaciones de unidades hidráulicas.



b) Previsión perfecta



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que existe una heterogeneidad en la respuesta de las ofertas de las plantas ante el nivel de reconciliaciones esperados. Bajo formación de expectativas para las unidades hidráulicas, las reconciliaciones positivas no son relevantes para determinar el precio ofertado, salvo en 4 unidades donde el signo no está acorde con la teoría. Asumiendo previsión perfecta encontramos que 6 plantas tienen signos acordes con la teoría y una planta no. Para el caso de las reconciliaciones negativas propias, la gran mayoría son significativos con signos acorde con la teoría bajo formación de expectativas y previsión perfecta. Con relación a las reconciliaciones de las otras unidades de la planta encontramos una historia similar, salvo que para una planta el signo es contrario al que se predice por la teoría bajo formación de expectativas y son dos plantas asumiendo previsión perfecta. Las predicciones de nuestro modelo se mantienen para una buena parte de las unidades hidráulicas cuando evaluamos la potencial heterogeneidad del efecto de las reconciliaciones en los precios ofertados. La predicción sobre la relación positiva entre precios ofertados y reconciliaciones positivas, que anteriormente no era significativa, tiene evidencia en contra cuando estudiamos la heterogeneidad entre plantas puesto que existen algunas con una relación negativa y significativa.

5. Conclusiones

En este trabajo proponemos una estructura teórica para modelizar el comportamiento de una firma que opera entre los mercados de Bolsa y Reconciliaciones. El modelo que proponemos formula tres predicciones teóricas sobre la relación entre el nivel esperado de reconciliaciones y los precios ofertados: 1) existe una relación directa entre las reconciliaciones positivas de una planta y su precio ofertado, 2) existe una relación inversa entre las reconciliaciones negativas de una planta y su precio ofertado y 3) existe una relación inversa entre las reconciliaciones negativas de las otras unidades de la firma y el precio ofertado por la planta. Estas predicciones teóricas son contrastadas con datos del operador de mercado sobre el funcionamiento del mercado mayorista colombiano.

En este trabajo se encontró que las expectativas de reconciliaciones negativas tienen una relación negativa sobre el precio ofertado en la subasta del día siguiente, tanto para unidades hidráulicas como térmicas. Las firmas que esperan que una planta tenga reconciliaciones negativas en el día siguiente tienden a disminuir el precio ofertado de dicha unidad dado que las reconciliaciones negativas implican una caída en los beneficios esperados de la firma, y una reducción del precio ofertado procura mejorar la posición en Bolsa para compensar el efecto sobre los beneficios. Se encuentra evidencia de que el nivel esperado de las reconciliaciones de las otras plantas de la firma tiene una relación negativa con el

precio ofertado de la planta. Este hallazgo resulta interesante y no se tiene conocimiento de un trabajo previo que lo haya documentado. No se encontró relación entre el nivel esperado de las reconciliaciones positivas y los precios ofertados por las firmas para sus plantas en la subasta del día siguiente. Bajo previsión perfecta se encontraron resultados similares, salvo que las reconciliaciones positivas tienen un efecto directo sobre los precios para las unidades hidráulicas.

Adicionalmente, estimamos un modelo de coeficientes aleatorios para contrastar la hipótesis de heterogeneidad en la respuesta de las plantas ante las reconciliaciones. Debido a problemas asociados a la variabilidad de los datos de reconciliaciones condicionada al despacho en las unidades térmicas no se pudo estimar el modelo de coeficientes aleatorios para estas unidades. Solamente estimamos la heterogeneidad del efecto asociado a unidades hidráulicas. Nuestros resultados muestran que existe heterogeneidad en la respuesta de las ofertas de las plantas al nivel de reconciliaciones del día siguiente. Cabe destacar que los resultados encontrados para las unidades hidráulicas no contradicen las predicciones teóricas de nuestro modelo con relación a reconciliaciones negativas, pero sí encontramos problemas con la predicción para reconciliaciones positivas.

Las predicciones teóricas del modelo y la evidencia empírica recolectada tienen implicaciones sobre la formación del precio spot que merecen atención. El modelo predice que la formación del precio spot de la electricidad se ve afectado por las expectativas de las firmas sobre el nivel de reconciliaciones de sus plantas. Esto se debe a que nuestro modelo predice el comportamiento de unidades que esperan tener una probabilidad positiva de salir despachadas y fijar el precio spot. Las reconciliaciones negativas tienden a disminuir los precios ofertados y, por ello, se espera que tiendan a reducir el precio spot del día siguiente. Por otro lado, las reconciliaciones positivas tienden a incrementar los precios ofertados, por lo que se espera que estos tiendan a incrementar el precio spot del día siguiente. Esto se debe al esquema de remuneración actual de las reconciliaciones que hace uso de los resultados del mercado spot y los precios ofertados de las firmas. La evidencia empírica encontrada defiende las predicciones sobre las reconciliaciones negativas, pero no las positivas. Esta evidencia puede ser estudiada por futuras investigaciones.

Este trabajo abre paso para evaluar como diferentes mecanismos de remuneración sobre las reconciliaciones pueden afectar las decisiones de las firmas sobre sus ofertas y de qué manera esto termina impactando los resultados de mercado. En este sentido, trabajos recientes como son Mastropietro et al. (2020) y CREG (2018) hacen recomendaciones para mejorar la eficiencia en precios para la prestación del servicio en tiempo real. En estas propuestas, la implementación de mecanismos de despacho vinculante y mercados intra-diarios son pieza fundamental para alcanzar la meta de mejorar la eficiencia en precios. La existencia de mercados intra-diarios permite que los costos asociados a la diferencia entre el despacho real y el ideal reflejen en mejor medida los costos marginales de las plantas térmicas que son estrictamente necesarias para satisfacer la demanda en tiempo real. En el actual sistema de remuneración de las reconciliaciones existen incentivos para que las plantas térmicas oferten precios bastante superiores a sus costos marginales, implicando precios ineficientes.

El entendimiento de cómo se forman los costos de las restricciones o pago por reconciliaciones es relevante para Colombia. Próximamente Colombia espera tener una matriz energética más diversificada, con una inclusión de aproximadamente 125 de energías renovables no convencionales. Estas energías suelen experimentar problemas de intermitencia, lo que implica que para su uso se debe contar con una fuente de energía térmica que garantice firmeza a la oferta. Esto implica un mayor incremento en los costos de restricciones, como ha sido el caso de varios países europeos, entre ellos el caso más destacado es Alemania. Propuestas que permitan una mayor eficiencia en la formación de los costos que se pagan por reconciliaciones permitirán que los precios finales que pagan los usuarios por la electricidad no incrementen sustancialmente durante los próximos años que se esperan de la transformación energética en Colombia.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo prestado para la elaboración de la base de datos por parte del Programa de Investigación “ENERGETICA 2030” con código 58864 en la iniciativa “Colombia Científica”, financiada por el Banco Mundial a través de la convocatoria “778-2017 Ecosistemas Científicos”, gestionada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias).

Agradecemos a la Universidad Cooperativa de Colombia por la financiación de la investigación a través de CONADI en la convocatoria de Mediana Cuantía 2021.

Referencias

- Balat, J., Carranza-Romero, J.E.R., & Martin, J.D. (2015). Dynamic and strategic behavior in hydropower-dominated electricity markets: empirical evidence for Colombia. *Borradores de Economía*, 886, 1-56. <https://doi.org/10.32468/be.886>
- Borenstein, S., & Bushnell, J. (1999). An empirical analysis of the potential for market power in California’s electricity industry. *Journal of Industrial Economics*, 47(3), 285-323. <https://www.jstor.org/stable/117515>
- Bushnell, J.B., Mansur, E.T., & Saravia, C. (2008). Vertical arrangements, market structure, and competition: An analysis of restructured us electricity markets. *American Economic Review*, 98(1), 237-266. <https://doi.org/10.1257/aer.98.1.237>
- Camelo, S., Papavasiliou, A., de Castro, L., Riascos, A., & Oren, S. (2018). A structural model to evaluate the transition from self-commitment to centralized unit commitment. *Energy Economics*, 75, 560-572. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.09.009>
- Ciarreta, A., Espinosa, M.P. (2010). Market power in the Spanish electricity auction. *Journal of Regulatory Economics*, 37, 42-69. <https://doi.org/10.1007/s11149-009-9102-7>
- Crawford, G.S., Crespo, J., & Tauchen, H. (2007). Bidding asymmetries in multi-unit auctions: Implications if bid function equilibria in the British spot market for electricity. *International Journal of Industrial Organization*, 25, 1233-1268. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2006.10.001>
- CREG (2001). Resolución 034. Comisión de Regulación de Energía y Gas. Por la cual se dictan normas sobre funcionamiento del Mercado Mayorista de Energía. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-2001-CREG034-2001>
- CREG (2004). Resolución 004. Comisión de Regulación de Energía y Gas. Por la cual se modifica la Resolución CREG-017 de 2002, sobre mecanismos de verificación de la disponibilidad declarada de las plantas o unidades de generación. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0004_2004.htm
- CREG (2010). Documento creg-060. Metodología para el cálculo del precio de reconciliación negativa. [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/55f5dbdfc5c0c3fc0525785a007a72bc/\\$FILE/D-060-10%20RECONCILIACIÓN%20NEGATIVA.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/55f5dbdfc5c0c3fc0525785a007a72bc/$FILE/D-060-10%20RECONCILIACIÓN%20NEGATIVA.pdf)

- CREG (2018). *Estudio para la modernización del despacho y el mercado spot de energía eléctrica - despacho vinculante y mercados intradiarios*. [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/81bf4938da2e76b805258352007a69c7/\\$FILE/Circular092-2018%20Anexo2.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/81bf4938da2e76b805258352007a69c7/$FILE/Circular092-2018%20Anexo2.pdf)
- Gans, J.S., & Wolak, F.A. (2008). *A comparison of ex ante versus ex post vertical market power: Evidence from the electricity supply industry*. SSRN Working Paper. https://web.stanford.edu/group/fwolak/cgi-bin/sites/default/files/files/A%20Comparison%20of%20Ex%20Ante%20versus%20Ex%20Post%20Vertical%20Market%20Power_Evidence%20from%20the%20Electricity%20Supply%20Industry_July%202007_Gans,%20Wolak.pdf
- Green, R.J., & Newbery, D.M. (1992). Competition in the British electricity spot market. *Journal of Political Economy*, 100(5), 929-953. <https://www.jstor.org/stable/2138629>
- Greene, W.H. (2012). *Econometric analysis*, 7th ed. New Jersey: Prentice Hall. <https://pages.stern.nyu.edu/~wgreene/Text/econometricanalysis.htm>
- Hortacsu, A., & Puller, S.L. (2008). Understanding strategic bidding in multi-unit auctions: A case study of the Texas electricity spot market. *RAND Journal of Economics*, 39(1), 86-114. <https://doi.org/10.1111/j.0741-6261.2008.00005.x>
- Mastropietro, P., Rodilla, P., Rangel, L.E., & Batlle, C. (2020). Reforming the Colombian electricity market for an efficient integration of renewables: A proposal. *Energy Policy*, 139, 111346. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111346>
- Perez, A., & García-Rendón, J.J. (2020). Integration of non-conventional renewable energy and spot price of electricity: A counterfactual analysis for Colombia. *Renewable Energy*, 167, 146-161. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.067>
- Reguant, M. (2014). Complementary bidding mechanisms and startup costs in electricity markets. *The Review of Economic Studies*, 81(4), 1708-1742. <https://doi.org/10.1093/restud/rdu022>
- Vickrey, W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders. *The Journal of Finance*, 16(1), 8-37. <https://www.jstor.org/stable/2977633>
- von der Fehr, N.-H.M., & Harbord, D. (1993). Spot market competition in the UK electricity industry. *Economic Journal*, 103(418), 531-546. <https://www.jstor.org/stable/2234530>
- Wolak, F.A. (2000). An empirical analysis of the impact of hedge contracts on bidding behavior in a competitive electricity market. *International Economic Journal*, 14(2), 1-39. <https://doi.org/10.1080/10168730000000017>
- Wolak, F.A. (2003). *Identification and estimation of cost functions using observed bid data: An application to competitive electricity markets*. En M. Dewatripoint, L.P. Hansen & S.J. Trunovsky (ed.), Chapter 4, pp. 133-169. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.3386/w8191>

Wolfram, C. D. (1998). Bidding in a multiunit auction: An empirical analysis of bids to supply electricity in England and Wales. *RAND Journal of Economics*, 29(4), 703-725. <https://doi.org/10.3386/w6269>

Apéndice

Tabla A1. Diccionario de variables

Variable	Descripción	Unidades	Frecuencia	Nivel
<i>Recon Pos</i>	Reconciliaciones positivas, definidas como la generación por fuera de mérito.	MWh	Día	Planta
<i>Recon Neg</i>	Reconciliaciones negativas, definidas como la generación que es restringida a las unidades despachadas por mérito.	MWh	Día	Planta
<i>Recon Neg (-j)</i>	Suma de todas las reconciliaciones negativas de las otras unidades de la firma	MWh	Día	Planta
<i>Disponibilidad</i>	Disponibilidad declarada de generación para el día	GWh	Día	Planta
<i>Disp Inflexibilidad</i>	Suma de todos los cambios en el valor de la disponibilidad declarada entre una hora y la siguiente.	GWh	Día	Planta
<i>Demanda</i>	Suma de los pronósticos de demanda horarios.	GWh	Día	-
<i>Volumen</i>	Volumen de agua embalsado por la planta	m3	Día	Planta
<i>Caudal</i>	Caudal del río en el que se encuentra ubicada la planta.	m3	Día	Planta
<i>Volumen rivales</i>	Volumen de agua embalsado promedio de las plantas generadoras de las firmas rivales.	m3	Día	Firma
<i>Caudal rivales</i>	Caudal promedio de los ríos que alimentan las plantas generadoras de las firmas rivales	m3	Día	Firma
<i>Volumen SIN</i>	Volumen de agua embalsado total del SIN.	m3	Día	-
<i>Caudal SIN</i>	Caudal total de los ríos que alimentan plantas generadoras del SIN.	m3	Día	-
<i>Carbón</i>	Precio internacional del carbón	US/kg	Día	-
<i>Gas</i>	Precio internacional de gas natural	US/m3	Día	-
<i>WTI</i>	Precio internacional del petróleo	US/bar	Día	-
<i>TRM</i>	Tipo de cambio peso-dólar estadounidense	COL/US	Día	-

Fuente: Elaboración propia.



Emociones y valor: sus efectos en la satisfacción, lealtad y respuesta al patrocinio deportivo

ARAGONÉS-JERICÓ, CRISTINA

Universitat de València (España)

Correo electrónico: cristina.aragones@uv.es

KÜSTER-BOLUDA, INÉS

Universitat de València (España)

Correo electrónico: ines.kuster@uv.es

VILA-LÓPEZ, NATALIA

Universitat de València (España)

Correo electrónico: natalia.vila@uv.es

RESUMEN

El estudio se centra en los fans que acaban de asistir a un gran evento deportivo. Se investigan las relaciones entre emociones, valor transferido del evento al patrocinador oficial, satisfacción, lealtad y respuesta al patrocinio. Una muestra de 364 fans que asisten al Gran Premio Telefónica de Europa de Fórmula 1 responden a una encuesta a la salida de este evento. Se aplica la técnica de ecuaciones estructurales con el programa estadístico EQS 6.2 para contrastar las relaciones entre las variables del modelo teórico propuesto. Los resultados muestran que se da la transferencia de valor entre evento y el patrocinador oficial. Dicha transferencia tiene como antecedente las emociones vividas en el evento, y como consecuencias la satisfacción, la lealtad y la respuesta al patrocinio.

Palabras clave: emociones; comportamiento del fan; respuesta al patrocinio.

Clasificación JEL: M3, L83.

MSC2010: 03F65, 34F05.

Emotions and value: its effects on satisfaction, loyalty and response to sports sponsorship

ABSTRACT

The study focuses on fans who have just attended a major sporting event. Specifically, relationships between emotions, value transferred from the event to the official sponsor, satisfaction, loyalty and response to sports sponsorship are investigated. A sample of 364 sports fans attending the Formula 1 European Grand Prix respond. The structural equations technique is applied with the statistical program EQS 6.2 to contrast the relationships between the variables of the theoretical model proposed in the research. The results show that there is a transfer of value between the event and the official sponsor. This transfer has as an antecedent the emotions, and as effects satisfaction, loyalty and response to sponsorship.

Keywords: emotions; fan behaviour; sponsorship response.

JEL classification: M3, L83.

MSC2010: 03F65, 34F05.



1. Introducción

Recientemente se ha vinculado el deporte en todas sus vertientes (tanto desde la participación activa como desde la participación pasiva) a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU (SEGIB, 2019). En su estudio la SEGIB (2019) demuestra que el deporte está presente de forma directa en 8 de los 17 ODS y de forma transversal en todos ellos, siendo claramente una herramienta para el desarrollo sostenible de las sociedades. Se reconoce el importante desempeño del deporte en promover la paz, la tolerancia, el respeto, el empoderamiento de grupos desfavorecidos, la inclusión social, la salud y la educación, entre otros.

Como forma específica de deporte, el deporte espectáculo puede adoptar el papel de deporte de masas, donde los deportistas se convierten en ‘celebridades’ o ‘referentes’ especialmente para los jóvenes (Lines, 2001). En este tipo de deporte espectáculo es en el que se centra la presente investigación sin entrar a analizar otros tipos de deporte, como puede ser el deporte activo. De hecho, dentro del espectáculo deportivo, el propio evento deportivo exige una implicación por parte de los seguidores en tres ámbitos distintos: (i) implicación de conocimiento, (ii) implicación afectiva e (iii) implicación de comportamiento (Cornwell, 2019). Asimismo, esta implicación de los fans que asisten a un evento deportivo les genera una implicación emocional, por el miedo a perder o la ilusión de ganar, fruto de la identificación que tienen con el equipo del cual son seguidores (Delia & James, 2018). Es en este entorno en el que adquiere especial relevancia el patrocinio deportivo, y la transferencia que éste supone entre el evento deportivo y el patrocinador oficial de dicho evento (Gwinner & Swanson, 2003). Los datos de InfoAdex (2019), empresa de referencia en el control de herramientas de comunicación en España, revelan la primacía en este país, dentro de las acciones de patrocinio, mecenazgo y marketing social, del tipo concreto de patrocinio deportivo. Así, la inversión en patrocinio supone el 6,8% de la cifra de los medios no convencionales. Por lo que se trata de un área de interés tanto a nivel internacional como a nivel nacional y una herramienta de comunicación que ha adquirido importancia creciente en los últimos años (Breuer, Boronczyk & Rumpf, 2021; Schlesinger, Alvarado & Martí, 2012). Un reciente estudio define el patrocinio deportivo como una herramienta de comunicación de marketing que puede tomar muchas formas distintas y que ha adoptado una importancia publicitaria durante décadas (Cornwell, 2019).

Dicha importancia publicitaria que tiene el deporte en general no solo se aprovecha con fines comerciales, sino que también se utiliza con intenciones políticas o ideológicas, con el impacto que suponen los grandes acontecimientos deportivos (Aragonés, Küster & Vila, 2021). Así, albergar eventos deportivos de especial relevancia contribuyen a la generación de oportunidades para las personas mediante la derrama económica, el reconocimiento del patrimonio y el respeto por los entornos y las comunidades. Todo ello es de interés tanto para países emergentes que están en un proceso de transformación como para países desarrollados. Sin embargo, no podemos apostar por estos grandes eventos deportivo sin olvidar su ordenamiento para evitar posibles efectos negativos: impacto territorial, transformaciones estructurales en las zonas afectadas, entre otros. Por ello, para articularlo se requiere la coordinación de todos los agentes de interés, lo que favorece que esté ligado a proyectos de desarrollo local y modelos de desarrollo sostenible (Getz, 2019).

La Comunitat Valenciana no es ajena a este fenómeno. Se cuenta con un amplio calendario de eventos deportivos de toda índole en multitud de ciudades y València apoya activamente la práctica deportiva y la celebración de eventos deportivos. La creciente importancia social y económica de los eventos deportivos deja patente el interés en desarrollar y potenciar esta actividad, y que se complementa con el rigor de la investigación académica y la difusión de resultados significativos tanto para los promotores de estas iniciativas como para la sociedad en la que se ubican (comunitatvalenciana.com, 2020).

Aún así, se apunta que el potencial del patrocinio para apoyar el compromiso del fan deportivo, tanto con el evento deportivo como con el patrocinador oficial, sigue estando poco investigado (Cornwell, 2019). Por tanto, sigue siendo importante investigar sobre cómo puede afectar el patrocinio deportivo en el comportamiento del fan deportivo y sobre el proceso de transferencia entre las

percepciones de la actividad patrocinada y su patrocinador oficial (Schlesinger, Cervera & Miquel, 2020) en términos de valor percibido. El concepto de valor ha estado extensamente investigado en el ámbito del marketing, pero no está exento de controversias que dificultan su conceptualización y medición (Gallarza, Gil & Arteaga, 2020). Por lo que con la presente investigación es posible extraer recomendaciones empresariales que optimicen la gestión del patrocinio deportivo centrada en el valor que perciben las personas asistentes al evento deportivo patrocinado.

Por todo ello, en una situación de patrocinio de un mega-evento deportivo, el objetivo del estudio es analizar la satisfacción, la lealtad y la respuesta al patrocinio del asistente deportivo como efectos derivados de las emociones y la transferencia de valor percibido.

El trabajo se estructura como sigue. Tras la revisión del marco conceptual se explica la población y variables, después la metodología seguida para llevar a cabo la investigación, se analizan los resultados obtenidos y, finalmente, se resumen las principales conclusiones extraídas.

2. Revisión de la literatura

2.1. Patrocinio deportivo: transferencia de valor percibido del evento al patrocinador

El patrocinio deportivo persigue una serie de objetivos importantes para el patrocinador como puede ser la cobertura en los medios de comunicación (Meenaghan, 1998; Mazodier, Plewa, Palmer, & Quester, 2015). Pero también permite acentuar la responsabilidad social de la empresa, involucrándose y relacionándose adecuadamente con la comunidad (Mazodier et al., 2015). De este modo el valor que los asistentes perciben de la empresa patrocinadora se puede ver favorecido por la premisa inicial del patrocinio que postula la transferencia del evento deportivo al patrocinador (Ganassali & Didellon, 1996). Entendido el valor percibido como la valoración total por parte del individuo del beneficio que supone un producto o servicio en base a las percepciones de lo que se recibe y lo que se da (Zeithaml, 1988). Así, el vínculo del patrocinador con el acontecimiento deportivo que patrocina supone una influencia favorable hacia el patrocinador por parte de los fans que asisten a ese evento deportivo (Gwinner, 1997). Esto se deriva del propio proceso de patrocinio, en el que los fans de manera inconsciente transfieren las percepciones que poseen del evento hacia las percepciones de la empresa patrocinadora, incluidas las percepciones de valor. Con todo ello, las asociaciones mentales positivas que realizan los fans acerca de un evento se traducen en un comportamiento favorable hacia la marca patrocinadora ya que la asociación entre ambos lleva al asistente a transferir las percepciones del evento deportivo al patrocinador oficial (Cornwell, 2019; Cuesta-Valiño, Gutiérrez-Rodríguez & Loranca-Valle, 2022; Meenaghan, 2001; Smith, 2004; Smith & Colgate, 2007).

Por tanto, cabría enunciar que:

H1: El patrocinio deportivo implica la transferencia de valor percibido del evento deportivo al patrocinador oficial.

2.2. Emociones vividas durante el evento deportivo

Si el evento deportivo patrocinado está bien diseñado, es atractivo y su competición reñida se incrementa la emoción y ello propicia que el fan asistente despliegue una posición favorable hacia el evento, que disfrute de unas emociones positivas y, en suma, que goce de una buena experiencia durante el mismo. De ahí que el patrocinio deportivo sea una de las herramientas del mix de comunicación de marketing con alto nivel de efectividad, ya que el estímulo o mensaje de marketing llega a un fan implicado y motivado que disfruta de la asistencia a un evento deportivo que se ajusta con sus preferencias de ocio (Meenaghan, 2001).

Por todo ello, los espectadores del evento deportivo experimentan diferentes emociones derivadas de la atmósfera del acontecimiento y su particular relación con el mismo (Berridge, May, Kitchen, & Sullivan, 2019; Gwinner & Swanson, 2003; Hall, O'Mahony & Vieceli, 2010). En concreto, las emociones positivas vividas, asociadas a sentimientos como el placer, el orgullo, la excitación, la alegría, entre otras, son capaces de proporcionar un valor percibido mayor en el asistente (Brakus, Schmitt, & Zarantonello, 2009). Carlson, Rosenberger y Rahman (2015) proponen que cuantas más emociones positivas se tengan en un evento deportivo, mejor será el valor percibido de dicho evento. Por lo que se propone que:

H2: Las emociones positivas vividas durante el evento deportivo mejorarán el valor percibido por el asistente.

2.3. Efectos sobre la satisfacción, la lealtad y la respuesta al patrocinio

Durante el desarrollo del evento deportivo, existen potenciales situaciones generadoras de emociones, con diferentes grados de intensidad, que afectan al comportamiento del fan mientras se desarrolla el evento y a su satisfacción y lealtad posteriores (Gwinner & Swanson, 2003). Así, es necesario conocer la manera en la que el fan piensa y siente asistiendo al evento, cómo lo evocará a posteriori y cómo favorecerá a la satisfacción global del acontecimiento.

En primer lugar, la asociación entre valor percibido y satisfacción se ha estudiado ampliamente (Cronin, Brady & Hult, 2000; Gallarza & Gil, 2006). En un reciente estudio Gallarza, Gil y Arteaga (2020) destacan el acuerdo en la literatura respecto a que el valor percibido es un concepto de alta y compleja relevancia nomológica relacionado con la satisfacción. Esta relación ha sido contemplada también por Gil, Berenguer, Gallarza y Moliner (2004, p. 33), quienes señalan que existe un cierto consenso, en línea con la revisión efectuada por Cronin, Brady y Hult (2000), en torno a la relación entre las percepciones del individuo del valor recibido sobre la satisfacción que alcanza. Así, la satisfacción está altamente asociada con el valor percibido.

Por tanto, se propone que:

H3: El valor percibido influye en la satisfacción, tanto con el evento deportivo (H3.1) como con el patrocinador oficial (H3.2).

En segundo lugar, se considera la satisfacción como una respuesta general basada en las emociones experimentadas durante la asistencia al acontecimiento que quedan en la memoria y se recuperan a posteriori para recordar su satisfacción (Cohen & Areni, 1991). Para los individuos que tienen poca o nula experiencia con el evento deportivo las emociones tienen más importancia en el juicio de satisfacción, ya que ante nuevos estímulos se desarrollan respuestas más afectivas que ante estímulos que ya son familiares, en los que se tiene la habilidad suficiente para realizar juicios cognitivos complejos (Morgan, Attaway & Griffin, 1996).

Diversos estudios diferencian emociones positivas y negativas (Berridge, May, Kitchen, & Sullivan, 2019; Biscaia, Correia, Rosado, Maroco & Ross, 2012; Leri & Theodoridis, 2019), demostrando su efecto, en el mismo signo, sobre la satisfacción del individuo (Leri & Theodoridis, 2019).

Se advierte cómo las emociones tienen una especial relevancia en las experiencias (Berridge et al., 2019) y, por ende, en la generación de satisfacción. De hecho, diversos estudios demuestran la relación entre emociones y satisfacción (Leri & Theodoridis, 2019; Song, Kim & Choe, 2018).

Con todo ello, se plantea la hipótesis siguiente:

H4: Las emociones influyen en la satisfacción del individuo con el evento deportivo.

En tercer lugar, se puede afirmar que la satisfacción tiene efectos sobre la lealtad al evento deportivo y sobre la respuesta al patrocinio, partiendo de que, si el asistente al evento deportivo está satisfecho con el espectáculo, tendrá mayor preferencia por repetir su asistencia más adelante (Rocha, de Esteban Curiel, & Cunha, 2020; Cornwell, 2019). En esta línea, hay autores que han contrastado que la satisfacción y la lealtad se relacionan directa y positivamente (en términos de las intenciones de volver y de recomendarlo a otras personas) (Biscaia, Trail, Ross, & Yoshida, 2017; Biscaia, et al., 2012; Leri & Theodoridis, 2019). Asimismo, si el fan ha tenido experiencias previas con el patrocinador oficial y está satisfecho con él, mayor será la respuesta al patrocinio que tenga (Cornwell, 2019). En este trabajo se entiende por respuesta al patrocinio a las actitudes e intenciones de los fans en tres niveles diferentes: la favorabilidad, el interés y el uso e intención de compra futura respecto del patrocinador oficial (Smith, Graetz & Westerbeek, 2008; Speed & Thompson, 2000). De hecho, según Meenaghan (2001) invertir en patrocinio busca principalmente alcanzar una respuesta de los asistentes en cuanto a notoriedad, satisfacción, disposición favorable, intención de compra y compra real y uso.

Por todo lo expuesto, se hipotetiza:

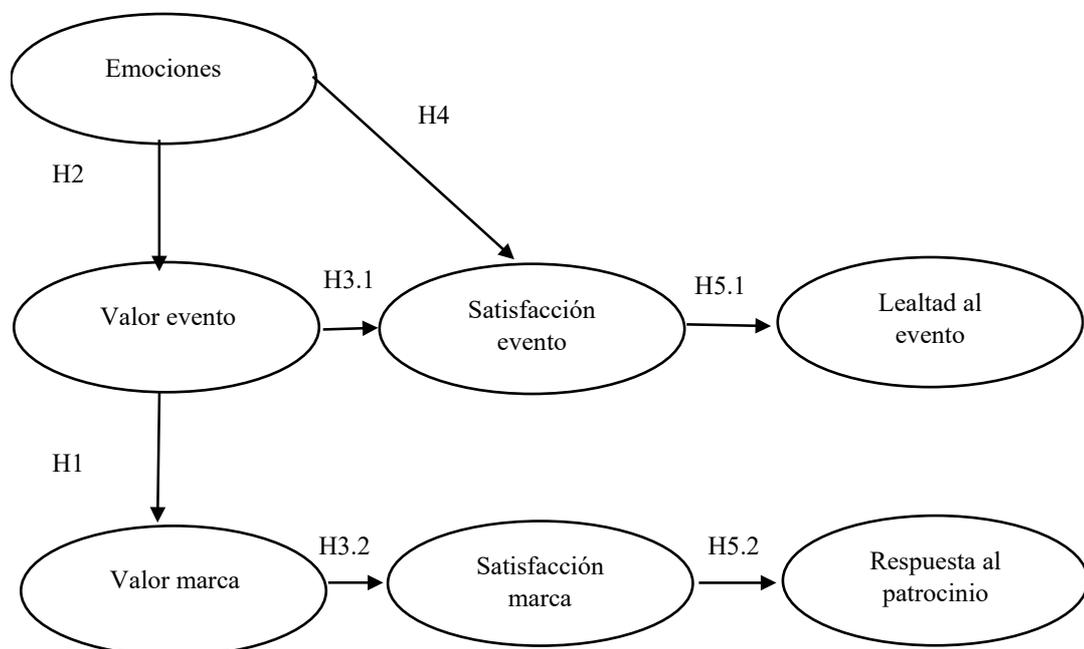
H5: Cuanto mayor sea la satisfacción del fan con:

H5.1: El evento deportivo mayor será su lealtad al evento.

H5.2: El patrocinador oficial mayor será su respuesta al patrocinio.

La suma de hipótesis expuestas previamente da como resultado el modelo teórico que se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Modelo propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

3. Población y variables

3.1 Población

El estudio se ha implementado en la ciudad de Valencia, ciudad que cuenta con importantes experiencias en grandes acontecimientos deportivos. En concreto, se aplicó el modelo a asistentes del Gran Premio Telefónica de Europa de Fórmula 1 tras vivir la experiencia y estar expuestos al patrocinador oficial.

Es por ello por lo que las unidades de estudio se corresponden con los fans mayores de 18 años que acababan de asistir a este gran evento deportivo, el Gran Premio Telefónica de Europa de Fórmula 1. Según la organización del evento deportivo, los datos globales de asistencia al circuito en la última edición se sitúan en 105.419 personas, 51.546 espectadores durante la carrera del domingo (lasprovincias.es, 2012).

Para el presente estudio se trató de maximizar el número de encuestas recogidas en el corto espacio de tiempo disponible para hacerlo, esto es, al finalizar el Gran Premio Telefónica de Europa de Fórmula 1. Por ello se contrató a una empresa externa para que ejecutara el trabajo de campo y, tras pedir autorización a la organización, pudo realizar la recogida de información mediante encuesta personal en las puertas de acceso al recinto del evento y alrededores. En esos puntos, se seleccionó aleatoriamente la muestra entre los espectadores que salían del evento deportivo con solo tres requisitos: (i) que acaban de asistir al evento (ii) que fueran fans y (iii) mayores de 18 años. Por tanto, el método de muestreo utilizado para el trabajo de campo es no probabilístico, por conveniencia (Bello, Vázquez & Trespalacios, 1996). Finalmente, se obtuvo una muestra global de 364 fans asistentes al Gran Premio Telefónica de Europa de Fórmula 1 que se contactaron *in situ*.

3.2 Variables

Teniendo en cuenta el modelo teórico propuesto en esta investigación se va a hacer uso de las variables que se relacionan a continuación: valor percibido con el evento deportivo, valor percibido con el patrocinador oficial, emociones del fan deportivo, satisfacción con el evento deportivo, satisfacción con el patrocinador oficial, lealtad al evento deportivo y respuesta al patrocinio.

Para poder medir cada una de estas variables que forman los constructos del modelo propuesto se ha realizado una revisión de la literatura en busca de escalas validadas en investigaciones previas. La Tabla 1 recoge las escalas utilizadas en este estudio.

Tabla 1. Escalas del estudio.

Constructo	Fuente
Valor percibido con el evento y con el patrocinador	Smith y Colgate (2007)
Emociones	Hall, O'Mahony y Viececi (2010) y Gwinner y Swanson (2003)
Satisfacción con el evento	San Martín (2005)
Satisfacción con el patrocinador	Gwinner y Swanson (2003)
Lealtad al evento	San Martín (2005)
Respuesta al patrocinio	Smith, Graetz y Westerbeek (2008) y Speed y Thompson (2000)

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, se defiende en esta investigación, teniendo como base los ítems planteados por Smith y Colgate (2007), cuatro dimensiones del valor percibido: funcional/instrumental, afectiva/experimental, simbólica/expresiva, y económica/sacrificio.

Por su parte, la medición de las emociones está sometida a un importante debate en la literatura, relativo al uso o no de escalas bipolares para medir el constructo (Oliver, 2015). Usando escalas bipolares, las emociones se entienden como posiciones extremas y excluyentes (Berridge, May, Kitchen, & Sullivan, 2019; Oliver, 2015). De manera que el individuo podrá sentir una emoción (contento) u otra opuesta (enfadado), pero no las dos simultáneamente. Contrariamente, las escalas unipolares reconocen que el individuo puede vivir emociones totalmente contrapuestas durante la vivencia de la experiencia. Dadas las características del gran evento deportivo y la vinculación del asistente con el mismo, se considera que los fans experimentan tanto emociones positivas como negativas durante su asistencia al evento deportivo. Por tanto, esta investigación mide las emociones del asistente con escalas unipolares, para recoger de manera más fidedigna sus emociones vividas durante el acontecimiento experimentado.

Para medir la satisfacción se adopta la conceptualización más comúnmente aceptada, entendiéndose como la vivencia presente en el evento deportivo y no el conjunto de experiencias anteriores que ha podido vivir el fan con eventos similares (Cronin, Brady & Hult, 2000; Song, Kim, & Choe, 2018).

Desde un enfoque actitudinal, la revisión de la literatura muestra dos aproximaciones distintas para medir la lealtad. De una parte, se considera un concepto único con dos dimensiones, la intención de volver a asistir al acontecimiento y la intención de recomendarlo a otras personas (Cronin, Brady & Hult, 2000). De otra parte, estas dimensiones se consideran dos propósitos de comportamiento separados (Solja, Liljander, & Söderlund, 2018).

Por lo que respecta al efecto que sobre la empresa patrocinadora tiene el patrocinio, este trabajo se centra en dos constructos clave: la respuesta al patrocinio (Speed & Thompson, 2000) y la intención de compra (Smith, Graetz & Westerbeek, 2008). La respuesta al patrocinio se compone de tres dimensiones: (i) favorabilidad, (ii) interés y (iii) uso. Es en esta última en la que la revisión de la literatura muestra la posibilidad de aproximar el uso a la intención de compra.

4. Metodología

Para la aplicación empírica se diseña primero un estudio cualitativo y después un estudio cuantitativo, ambos complementarios. El primer estudio busca confirmar la pertinencia de los conceptos incluidos en el marco conceptual y en el modelo teórico y diseñar la encuesta. Así, se realiza una dinámica de grupo para delimitar mejor las dimensiones de la transferencia en una situación de patrocinio deportivo, las emociones de los espectadores, el valor percibido, la lealtad, la respuesta al patrocinio, entre otros aspectos. Complementariamente, se realizaron 30 entrevistas personales estructuradas a una muestra por conveniencia de aficionados de la Fórmula 1 para pretestar la encuesta y reflexionar sobre la implicación del estudio con la gestión de eventos deportivos centrada en el valor de los asistentes.

Posteriormente se lleva a cabo un estudio cuantitativo para contrastar, en un gran evento deportivo concreto, el modelo propuesto y las relaciones que en él se contemplan. En esta fase del estudio la encuesta personal a las puertas del recinto donde se celebra el evento deportivo es la herramienta de recogida de información utilizada. Dicha encuesta se obtuvo como resultado de la revisión de estudios previos, y, asimismo, se fue perfilando en la investigación cualitativa, considerando las distintas opiniones obtenidas tanto en la dinámica de grupo como en el pretest de las entrevistas personales estructuradas. Con todo ello se pudo fijar su forma definitiva, en dos versiones paralelas: (i) una en castellano para los asistentes nacionales y (ii) otra en inglés para los asistentes extranjeros. Se traduce al inglés ya que se trata de un gran evento deportivo internacional, en el que todos los años la

mayor parte de asistentes internacionales son de nacionalidad inglesa. Para la traducción al inglés se consideran las diferencias culturales aportando una mejor adecuación de los ítems. La encuesta se centra en tres bloques. El primero recoge un conjunto de variables relacionadas con el gran evento deportivo, tales como las emociones, el valor percibido, la satisfacción y la lealtad. El segundo bloque incluye variables relacionadas con el patrocinador oficial del evento deportivo, entre las que destacan el valor percibido, la satisfacción y la respuesta al patrocinio. Finalmente, la encuesta recoge preguntas sociodemográficas que facilitan determinar el perfil de la muestra.

4.1. Modelos de ecuaciones estructurales

Para el contraste de las hipótesis planteadas en el modelo teórico se utiliza la técnica de los Modelos de Ecuaciones Estructurales (Structural Equation Modeling, SEM). Esto es debido a la consideración de que es un método que se adapta adecuadamente a las Ciencias Sociales y las Ciencias de la Administración, con la unión de una perspectiva econométrica y un enfoque psicométrico (Soriano & Mejía-Trejo, 2022; Chin, 1998a, 1998b).

Tal como resumen en su trabajo Idrovo, Verdesoto, Valencia y Córdova (2020), estos modelos permiten estimar las relaciones entre múltiples variables, como se necesita hacer en la presente investigación, ya que son modelos que tratan de integrar una serie de ecuaciones lineales y establecer cuáles son dependientes o independientes de otras. En los últimos años, los modelos de ecuaciones estructurales se han convertido en una metodología cuantitativa indispensable para especificar, estimar y testar relaciones hipotetizadas entre un conjunto de variables sustancialmente significativas.

Con el objeto de evaluar el modelo conceptual planteado que establece las relaciones, se lleva a cabo un estudio de la dimensionalidad, fiabilidad y validez de las escalas de medida aplicadas, que confirme que se está midiendo el constructo que se pretende medir. Este análisis también permite depurar las escalas, eliminando aquellos ítems no significativos. Posteriormente, se establece la estructura causal que permite contrastar las hipótesis planteadas.

Hay que considerar que las técnicas multivariantes se basan en unas hipótesis de partida, que es necesario asegurar antes de su aplicación. Tradicionalmente, la utilización de Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) ha significado la asunción de unos supuestos básicos: la normalidad multivariante de los datos, la homoscedasticidad, la linealidad y la independencia de las observaciones (Uriel & Aldás, 2005). La normalidad se refiere a la distribución de cada variable. La violación de este supuesto supondría que se estaría incrementando el error tipo II, es decir, la probabilidad de no rechazar la hipótesis nula cuando ésta es, de hecho, falsa. Existen una serie de contrastes (Saphiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises) y de procedimientos gráficos (asimetría y curtosis) para el análisis de la normalidad univariante. Para el análisis de la normalidad multivariante existen muy pocos contrastes (Mardia-curtosis, Mardia-apuntamiento, Henze-Zirkler). El método gráfico es muy similar a la normalidad univariante.

Respecto al segundo supuesto básico, la homoscedasticidad, conviene decir que se define de manera diferente según se hable de datos no agrupados (regresión lineal múltiple) o de datos agrupados (análisis de la varianza de un factor). En el primer caso la hipótesis de homoscedasticidad puede definirse como la asunción de que cada uno de los valores que puede tomar la distribución se mantiene constante para todos los valores de la otra variable continua. En el caso de datos agrupados la homoscedasticidad implica que la varianza de la variable continua es más o menos la misma en todos los grupos que conforma la variable no métrica que delimita los grupos. En el caso de los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) la homoscedasticidad no influye en la calidad de los resultados.

Respecto a la hipótesis de linealidad, hay que decir que es una asunción fundamental para todas aquellas técnicas que se centran en el análisis de las matrices de correlaciones o de varianzas-covarianzas, como el análisis factorial o los modelos de estructuras de covarianza. La razón es sencilla: el coeficiente de correlación de Pearson solo podrá captar una relación si ésta es lineal. Desde este punto de vista las ecuaciones del modelo estructural son todas lineales.

Finalmente, con respecto a la hipótesis de independencia, cabe decir que dos observaciones se consideran que son independientes cuando los valores que toman las variables de ese caso no se ven influidos por las observaciones que hayan tomado en otro caso. Es decir, que las respuestas dadas por un individuo no influyen en las que dará otro. Según Uriel y Aldás (2005) la violación de este supuesto tiene influencias importantes sobre el nivel de significatividad y la potencia de las pruebas. En el procedimiento seguido la selección de las unidades muestrales ha sido aleatoria, lo que garantiza el supuesto de la independencia.

Una vez vistas estas hipótesis de partida más tradicionales, en la presente investigación se utiliza el método de estimación de máxima verosimilitud y, para proteger los resultados de posibles desviaciones de la suposición de normalidad, todos los valores de Chi-Cuadrado (y errores estándar) que aparezcan corresponderán a los estadísticos de la bondad de ajuste de Satorra y Bentler (1994). Así, con el objeto de evaluar la bondad de ajuste de los modelos, dada la posible distribución no-normal de los datos analizados, se ha optado por el estadístico Chi-Cuadrado escalado de Satorra-Bentler (Satorra & Bentler, 1994; Bentler, 1989). El estadístico Chi-Cuadrado Escalado de Satorra-Bentler surge al corregir el estadístico Chi-Cuadrado de bondad de ajuste del modelo. Esta corrección persigue que la distribución de este sea aproximadamente una Chi-Cuadrado, cuando los supuestos distribucionales postulados en la función de discrepancia sean erróneos (De la Rosa y Carmona, 2009).

Posteriormente se debe decidir el procedimiento de estimación. Existen distintos procedimientos para realizar la estimación: máxima verosimilitud (ML), mínimos cuadrados generalizados (GLS), teoría de la distribución elíptica (EDT) y libre distribución asintótica (ADF). Un estudio de Hu, Bentler y Kano (1992), recogido por Uriel y Aldás (2005), comparó todos estos procedimientos mediante simulación de Monte Carlo. Se estudió como se comportaba cada procedimiento ante diferentes tamaños muestrales y ante la violación de las hipótesis de normalidad y de independencia. A la luz de los resultados de este estudio, Ullman (1996) realizó las siguientes recomendaciones en cuanto al procedimiento a utilizar en la técnica de Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM):

- Los métodos ML y GLS son la mejor opción con pequeñas muestras siempre que sea plausible la asunción de normalidad e independencia.
- En el caso en que ambos supuestos no parezcan razonables, se recomienda recurrir a la estimación ML denominada 'escalada'. Dado que la muestra es pequeña y que es plausible la asunción de los supuestos de normalidad e independencia, el procedimiento que se utilizará en este estudio será el de máxima verosimilitud (ML) (Jöreskog & Sörbom, 1989, 1996).

En cuanto a los estadísticos para el contraste del modelo, Uriel y Aldás (2005) consideran que el primer estadístico a analizar es la Chi-cuadrado, puesto que es un estadístico que realiza un contraste global del modelo. Este estadístico debe utilizarse con precaución con muestras grandes, dado que pequeñas diferencias entre la matriz de covarianzas muestral y la estimada serán evaluadas como significativas por el contraste. Esta limitación en las muestras grandes ha llevado a desarrollar más de 30 indicadores ad hoc de bondad del ajuste. Son indicadores de ajuste parcial. En el presente trabajo se utilizan tres de los más significativos: RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation), GFI (Goodness of Fit Index) y AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index). Para que un ajuste alcance buenos valores en estos indicadores el RMSEA debe ser próximo a 0, pero sin alcanzarlo; el GFI y el AGFI deben ser muy próximos a 1 pero sin igualarlo. En cualquier caso, el estadístico que debe guiar la mejora del ajuste de un modelo es la chi-cuadrado, intentando alcanzar un valor de t superior a 1,96.

Un último aspecto metodológico sobre el que Uriel y Aldás (2005) llaman la atención es la importancia de tener en cuenta una serie de recomendaciones con el fin de tomar las decisiones adecuadas en la técnica de Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM). En este sentido, en el presente trabajo se seguirán sus sugerencias metodológicas:

1. Utilizar muestras grandes. Los modelos basados en menos de 100 o 150 casos llevan a modelos finales poco estables si las modificaciones se basan en los datos y en la teoría. En nuestro caso la

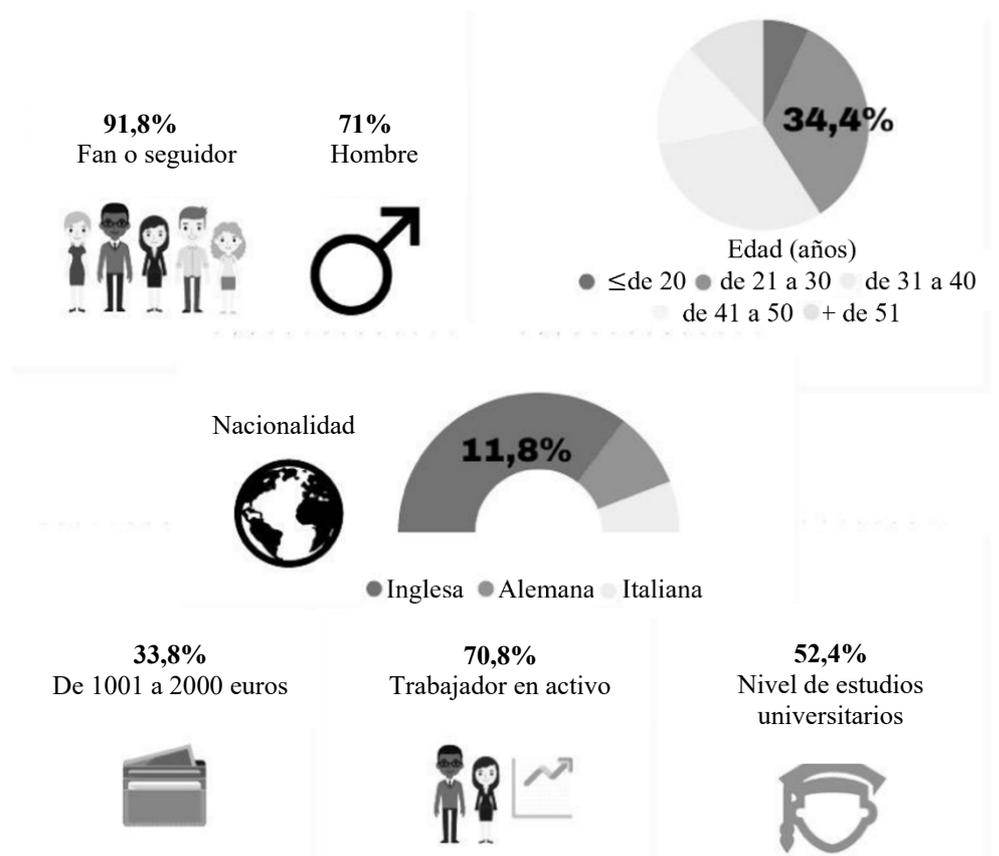
muestra válida es de 364, lo que es un tamaño que garantiza un error muestral bajo y un modelo final estable.

2. Hacer pocas modificaciones. Es posible que las primeras modificaciones puedan estar derivadas de un modelo que refleje las relaciones poblacionales; las siguientes, probablemente, reflejarán relaciones específicas de la muestra.
3. Realizar solo aquellos cambios que puedan ser interpretados desde una perspectiva teórica o tengan soporte en trabajos precedentes. En todo caso, se deben detallar todos los cambios realizados sobre el modelo inicial.
4. Seguir un procedimiento paralelo de especificación. Siempre que sea posible, el investigador debería trabajar con dos muestras independientes. Si las dos muestras desembocan en las mismas especificaciones del modelo, se podrá tener una mayor confianza en la estabilidad de este.
5. Finalmente, describir detalladamente las limitaciones del estudio.

5. Análisis de resultados

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo para conocer con más detalle el perfil de la muestra conseguida.

Figura 2. Perfil de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

En concreto, el perfil de la muestra (Figura 2) es mayoritariamente de sexo masculino, de edades comprendidas entre los 21 y 40 años, de clase social media, con estudios superiores y que trabaja actualmente. Los asistentes nacionales, en su mayoría son de Valencia, Madrid, Alicante y las Islas Baleares. Respecto a los asistentes internacionales, el Reino Unido es el principal país de procedencia, seguido de Alemania e Italia.

A continuación, se validó el modelo de medida realizando un análisis factorial confirmatorio que permitió profundizar en el proceso de depuración de las escalas y evaluar posteriormente su dimensionalidad (Anderson & Gerbing, 1988). Se comprueba la fiabilidad de las escalas, con valores del alpha de Cronbach y del índice de fiabilidad compuesta por encima del 0,7, y valores del índice de la varianza extraída sobre el mínimo requerido.

Respecto a los índices de la bondad del ajuste del modelo, el estadístico S-B χ^2 tiende a ser significativo, el NNFI, el CFI, el NFI devuelven valores cercanos a 0,9, y el valor del RMSEA es menor de 0,0 en las escalas; el promedio está dentro de los límites comúnmente aceptados, por lo que el ajuste es razonable.

Para la depuración de las escalas se analizaron la significatividad de los coeficientes estandarizados (valor de la t superior a 1,96) y el porcentaje de varianza explicada de la variable latente (se recomienda que sea superior a 0,5).

Finalmente, se demostró la validez de constructo (convergente y discriminante) pudiendo verificar características psicométricas de las escalas.

A continuación, se realizó el contraste de las hipótesis planteadas mediante la modelización por ecuaciones estructurales (SEM) con el programa estadístico EQS 6.2. Los valores obtenidos en este estudio tienen una alta consistencia interna. En concreto, los t valores para el modelo *outer*, muestra que todas las cargas son significativas, lo que refuerza nuestra conclusión de que el modelo de medida tiene fiabilidad y validez convergente. La Tabla 2 recoge la estimación del modelo estructural (*inner*) con sus correspondientes valores t. El contraste de las hipótesis que se ha realizado permite aceptarlas todas. Por tanto, se confirma que existe transferencia de valor entre el evento y el patrocinador, en la línea de los planteamientos recogidos en la Teoría de la Transferencia propuesta por Gwinner (1997). Así, mejorar el valor percibido de un evento deportivo, repercutirá sobre el valor percibido del patrocinador oficial (H1: $\beta = 0,230$, $p < 0,05$).

Tabla 2. Contraste de hipótesis.

Hipótesis	Relación	β estandarizado	Valor t
H1	valor evento \rightarrow valor marca	0,230*	4,008
H2	emociones \rightarrow valor evento	0,546*	9,759
H3.1	valor evento \rightarrow satisfacción evento	0,544*	10,715
H3.2	valor marca \rightarrow satisfacción marca	0,441*	8,199
H4	emociones \rightarrow satisfacción evento	0,417*	9,474
H5.1	satisfacción evento \rightarrow lealtad al evento	0,850*	20,151
H5.2	satisfacción marca \rightarrow respuesta al patrocinio	0,262*	4,867

* $p < 0,05$. Índices de bondad de ajuste: $X^2 = 3641,146$, $p = 0,0$; GFI = 0,660; NFI = 0,783; NNFI = 0,808; CFI = 0,820; IFI = 0,820; RMSEA = 0,102

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la H2, se observa que las emociones tendrán un efecto en el valor percibido (H2: $\beta = 0,546$, $p < 0,05$), por lo que confirmamos que con la vivencia en un acontecimiento deportivo valorado por el asistente se transfieren emociones positivas hacia el patrocinador oficial (Grohs & Reisinger,

2005). De ahí la importancia de considerar las emociones del asistente al evento para que perciba mayor valor.

En cuanto a los resultados derivados de las emociones durante el evento deportivo y la exposición al patrocinador oficial, se acepta que a más valor percibido más satisfacción (H3), en la línea de lo postulado por los modelos del comportamiento del espectador (H3.1 $\beta = 0,544$, $p < 0,05$; H3.2 $\beta = 0,441$, $p < 0,05$).

Basándonos en los mismos modelos y respecto a la H4, se puede contrastar cómo las emociones influyen en la satisfacción (H4 $\beta = 0,417$, $p < 0,05$). Asimismo, se confirma que, cuanto más satisfacción del fan asistente con el evento deportivo éste será más leal al evento (H5.1 $\beta = 0,850$, $p < 0,05$), esto es, se incrementará su recomendación a otras personas del acontecimiento deportivo y su interés por volver a asistir en próximas ediciones. Mientras que cuanto mayor satisfacción del asistente con el patrocinador oficial, mayor será su respuesta al patrocinio, en cuanto a favorabilidad hacia la marca, interés por la marca y uso e intención de compra futura de la marca (H5.2 $\beta = 0,262$, $p < 0,05$).

6. Conclusiones

Cada vez son más los asistentes y fans deportivos que presencian regularmente eventos deportivos y su nivel de implicación incluso les conduce a desplazarse internacionalmente para observar, defender, apoyar y seguir a sus deportistas, equipos deportivos, etc. (Davies & Williment, 2008).

En síntesis, programas de patrocinio deportivo con objetivos bien definidos, activados con acciones adicionales de comunicación e implementados en base a criterios correctos de valores, imágenes, público, entre otros, permiten iniciar el proceso de convencimiento y pueden tener efectos asombrosos.

En términos generales, las evaluaciones cognitivas (por ejemplo, expectativas previas derivadas de las estrategias de comunicación del evento deportivo) influyen de manera significativa en las emociones (Wirtz & Bateson, 1999) y, por tanto, éstas tienen importantes implicaciones en las estrategias de comunicación. El objetivo debería ser emocionar positivamente al asistente, a fin de que desarrolle conductas favorables hacia el evento deportivo. Y dada la transferencia entre el acontecimiento y la marca, al patrocinador oficial (Meenaghan, 2001).

Ser patrocinador oficial de un gran evento deportivo puede mejorar el valor percibido en una marca, debido al principio de transferencia. Del mismo modo, se observa que las emociones positivas son un antecedente de dicha transferencia y aumentan el valor percibido del evento. Satisfacción, lealtad y respuesta al patrocinio son consecuencias de dicha transferencia de valor percibido tras sentir emociones positivas durante el evento deportivo patrocinado. Si el fan queda satisfecho con el evento deportivo asistirá de nuevo en un futuro y lo recomendará. Mientras que, si el fan muestra satisfacción hacia el patrocinador, mayor será su favorabilidad, interés y uso e intención de compra.

Como principal implicación hay que destacar que las empresas deben ser coherentes con las características del evento que patrocinan. Para mejorar el valor que se percibe un paso previo indispensable es haber conseguido que tanto el evento como la marca emocionen. Para ello, se puede estimular la participación del individuo en su co-creación, la apuesta por la personalización y trato diferenciado, la utilización en su comercialización de diversos elementos que despierten los sentidos (aromas, melodías, etc.), entre otras.

En conclusión, el estudio realizado permite confirmar todas las relaciones del modelo propuesto, y a pesar de que presenta limitaciones en cuanto a la reducida muestra y su aplicación a un único evento, esto se traduce en futuras líneas de investigación.

Referencias

- Anderson, J.C. & Gerbing, D.W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411>
- Aragonés, C., Küster, I., & Vila, N. (2021). Segmentación del turista deportivo: el caso del espectador de la Fórmula 1. *Investigaciones Turísticas*, 21, 182-204. <https://doi.org/10.14198/INTURI2021.21.9>
- Bello, L., Vázquez, R., & Trespacios, J. A. (1996). *Investigación de mercados y estrategias de marketing*. Civitas.
- Bentler, P.M. (1989). *EQS: Structural equations manual*. Los Angeles, BMDP Statistical Software.
- Berridge, G., May, D., Kitchen, E., & Sullivan, G. (2019). A study of spectator emotions at the Tour de France. *Event management*, 23(6), 753-771.
- Biscaia, R., Trail, G., Ross, S., & Yoshida, M. (2017). A model bridging team brand experience and sponsorship brand experience. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 18(4), 380-399.
- Biscaia, R., Correia, A., Rosado, A., Maroco, J., & Ross, S. (2012). The effects of emotions on football spectators' satisfaction and behavioural intentions. *European Sport Management Quarterly*, 12(3), 227-242.
- Brakus, J.J., Schmitt, B.H., & Zarantonello, L. (2009). Brand experience: what is it? How is it measured? Does it affect loyalty? *Journal of Marketing*, 73(3), 52-68. <https://doi.org/10.1509/jmkg.73.3.52>
- Breuer, C., Boronczyk, F., & Rumpf, C. (2021). Message personalization and real-time adaptation as next innovations in sport sponsorship management? How run-of-play and team affiliation affect viewer response. *Journal of Business Research*, 133, 309-316.
- Carlson, J., Rosenberger III, P.J., & Rahman, M.M. (2015). Cultivating group-oriented travel behaviour to major events: assessing the importance of customer-perceived value, enduring event involvement and attitude towards the host destination. *Journal of Marketing Management*, 31(9-10), 1065-1089.
- Chin, W.W. (1998a). The partial least squares approach to structural equation modeling. En G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for business research* (pp. 295-336). Lawrence Erlbaum Associates
- Chin, W.W. (1998b). Commentary: issues and opinion on structural equation modeling. *MIS Quarterly*, 22(1), VII-XVI.
- Cohen, J.B. & Areni, C. S. (1991). Affect and consumer behavior. In T.S. Robertson & H.H. Kassarian (Eds.), *Handbook of Consumer Behavior* (pp. 188-240). Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Cornwell, T.B. (2019). Less “Sponsorship as Advertising” and More Sponsorship-Linked Marketing as Authentic Engagement. *Journal of Advertising*, 48(1), 49-60. <https://doi.org/10.1080/00913367.2019.1588809>
- Cronin Jr, J.J., Brady, M.K., & Hult, G.T.M. (2000). Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioral intentions in service environments. *Journal of Retailing*, 76(2), 193-218. [https://doi.org/10.1016/S0022-4359\(00\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0022-4359(00)00028-2)

- Cuesta-Valiño, P., Gutiérrez-Rodríguez, P., & Loranca-Valle, C. (2022). Sponsorship image and value creation in E-sports. *Journal of Business Research*, 145, 198-209.
- Davies, J., & Williment, J. (2008). Sport tourism—grey sport tourists, all black and red experiences. *Journal of Sport & Tourism*, 13(3), 221-242.
- De la Rosa, M.D. & Carmona, A. (2009). *Mecanismos Explicativos del Efecto de la Relación Empleado Superior sobre el Compromiso. Estableciendo Puentes en una Economía Global*. Ed. Escuela Superior de Gestión Comercial y Marketing, ESIC
- Delia, E.B., & James, J.D. (2018). The meaning of team in team identification. *Sport Management Review*, 21(4), 416-429. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2017.09.002>
- Gallarza, M.G., Gil, I. & Arteaga, F., (2020). Conceptualización y medición del valor percibido: consensos y controversias. *Cuadernos de Gestión*, 20(1), 65-88. <https://doi.org/10.5295/cdg.180997mg>
- Gallarza, M.G., & Gil, I. (2006). Value dimensions, perceived value, satisfaction and loyalty: an investigation of university students' travel behaviour. *Tourism Management*, 27(3), 437-452.
- Gallarza, M.G., & Gil, I. (2006). Desarrollo de una escala multidimensional para medir el valor percibido de una experiencia de servicio. *Revista española de investigación de marketing*, 10(2), 25-59.
- Ganassali, S., & Didellon, L. (1996). Le transfert comme principe central du parrainage. *Recherche et Applications en Marketing (French Edition)*, 11(1), 37-48.
- Getz, D. (2019). Event evaluation and impact assessment: Five challenges. In *A Research Agenda for Event Management*. Edward Elgar Publishing.
- Gil, I., Berenguer, G., Gallarza, M., & Moliner, B. (2004). Calidad, satisfacción y valor del servicio, una revisión. *Quaderns de treball*, 152. Universidad de Valencia.
- Grohs, R., & Reisinger, H. 2005. Image transfer in sports sponsorships: An assessment of moderating effects. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 7(1), 36-42.
- Gwinner, K., (1997). A model of image creation and image transfer in event sponsorship. *International Marketing Review*, 14(3), 145-158. <https://doi.org/10.1108/02651339710170221>
- Gwinner, K., & Swanson, S.R., (2003). A model of fan identification: antecedents and sponsorship outcomes. *Journal of Services Marketing*, 17(3), 275-294. <https://doi.org/10.1108/08876040310474828>
- Hall, J., O'Mahony, B., & Vieceli, J., (2010). An empirical model of attendance factors at major sporting events. *International Journal of Hospitality Management*, 29(2), 328-334. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2009.10.011>
- Hu, L.T., Bentler, P.M., & Kano, Y. (1992). Can test statistics in covariance structure analysis be trusted? *Psychological Bulletin*, 112, 351-362.
- Idrovo, F.K., Verdesoto, O.S., Valencia, E.R., & Córdova, V.H. (2020). Modelo de ecuaciones estructurales para determinar la intención de emprendimiento de estudiantes de posgrado. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 30, 346-357.

- InfoAdex (2019). *Estudio InfoAdex de la Inversión Publicitaria en España 2019*. InfoAdex. Madrid
- Jöreskog, K.G., & Sörbom, D. (1989). *LISREL 7-A Guide to the Program and Applications*, Chicago: SPSS Publications.
- Jöreskog, K.G., & Sörbom, D. (1996). *LISREL 8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language*. Chicago: Scientific Software International.
- Leri, I., & Theodoridis, P. (2019). The effects of the winery visitor experience on emotions, satisfaction and on post-visit behaviour intentions. *Tourism Review*, 74(3), 480-502.
- Lines, G. (2001). Villains, fools or heroes? Sports stars as role models for young people. *Leisure studies*, 20(4), 285-303.
- Mazodier, M., Plewa, C., Palmer, K., & Quester, P. G. (2015). Achieving corporate social responsibility through sponsorship. En S. Chadwick, N. Chanavat, M. Desbordes (Ed.), *Handbook of Sports Marketing* (pp. 317-326). Routledge Taylor and Francis Group Publisher New York
- Meenaghan, T., (2001). Sponsorship and advertising: A comparison of consumer perceptions. *Psychology and Marketing*, 18(2), 191-215. [https://doi.org/10.1002/1520-6793\(200102\)18:2<191::AID-MAR1005>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1520-6793(200102)18:2<191::AID-MAR1005>3.0.CO;2-C)
- Meenaghan, T. (1998). Current developments and future directions in sponsorship. *International Journal of Advertising*, 17, 3-28.
- Morgan, M.J., Attaway, J.S., & Griffin, M. (1996). The role of product/service experience in the satisfaction formation process: A test of moderation. *Journal of consumer satisfaction dissatisfaction and complaining behavior*, 9, 104-114.
- Oliver, R.L. (2015). *Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer: A behavioral perspective on the consumer*. Routledge.
- Rocha, F.R.V., de Esteban, J., & Cunha, L. R. M. (2020). La relación entre la confianza y el compromiso y sus efectos en la lealtad de marca. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 29, 131-151.
- San Martín, H. (2005). *Estudio de la imagen de destino turístico y el proceso global de satisfacción: adopción de un enfoque integrador*. Universidad de Cantabria.
- Satorra, A., & Bentler, P.M. (1994). *Corrections to Test Statistics and Standard Errors in Covariance Structure Analysis*, en A. von Eye y C.C. Clogg (eds): *Latent Variables Analysis: Applications for Developmental Research*, Thousand Oaks, CA, Sage.
- Schlesinger, W., Cervera, A., & Miquel, M.J., (2020). ¿Cómo marca el patrocinio de un evento deportivo de alta implicación a la marca patrocinadora? Aplicación al caso de instituciones públicas. *Cuadernos de Gestión*, 20(2), 123-148. <https://doi.org/10.5295/cdg.191085ws>
- Schlesinger, W., Alvarado, A., & Martí, J., (2012). Patrocinio deportivo: la implicación del espectador y sus efectos en la identificación y lealtad. *Cuadernos de Gestión*, 12(2), 59-76. <https://doi.org/10.5295/cdg.110292ms>
- SEGIB, (2019). *El deporte como herramienta para el desarrollo sostenible*. Secretaría General Iberoamericana. Montevideo.

- Smith, G. (2004). Brand Image Transfer Through Sponsorship: A Consumer Learning Perspective. *Journal of Marketing Management*, 20(3-4), 457-474.
- Smith, J., & Colgate, M., (2007). Customer Value Creation: A Practical Framework. *The Journal of Marketing Theory and Practice*, 15(1), 7-23. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679150101>
- Smith, A., Graetz, B., & Westerbeek, H. (2008). Sport sponsorship, team support and purchase intentions. *Journal of Marketing Communications*, 14(5), 387-404.
- Solja, E., Liljander, V., & Söderlund, M. (2018). Short brand stories on packaging: An examination of consumer responses. *Psychology & Marketing*, 35(4), 294-306.
- Song, H., Kim, M., & Choe, Y. (2018). Structural relationships among mega-event experiences, emotional responses, and satisfaction: focused on the 2014 Incheon Asian games. *Current Issues in Tourism*, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1080/13683500.2018.1462310>
- Soriano, J.L., & Mejía-Trejo, J. (2022). Modelado de Ecuaciones Estructurales en el campo de las Ciencias de la Administración. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 33, 242-263.
- Speed, R., & Thompson, P. (2000). Determinants of sports sponsorship response. *Journal of the academy of marketing science*, 28(2), 226-238.
- Ullman, S.E. (1996). Social reactions, coping strategies, and self-blame attributions in adjustment to sexual assault. *Psychology of Women Quarterly*, 20, 505-526.
- Uriel, E., & Aldas, J (2005). *Análisis Multivariante Aplicado*. España: Thomson.
- Wirtz, J., & Bateson, J. E. (1999). Consumer satisfaction with services: integrating the environment perspective in services marketing into the traditional disconfirmation paradigm. *Journal of Business Research*, 44(1), 55-66.
- Zeithaml, V.A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*, 52(3), 2-22.

ANEXO A

Tabla A1. Análisis de la fiabilidad de las escalas.

	Lij (carga factorial estand)	Valor t (robust.)	R2	α	IFC	IVE
VALOR EVENTO						
F1 Valor funcional				0,827	0,829	0,708
Evento deportivo significativo(F1)	0,804	13,362*	0,646			
Competición interesante(F2)	0,877	15,366*	0,770			
F2 Valor afectivo				0,840	0,840	0,724
Las carreras son algo bonito de ver(A2)	0,849	16,707*	0,721			
Espectáculo agradable(A3)	0,853	16,581*	0,728			
F3 Valor simbólico				1	0,766	0,766
La F1 "está en el candelero"(S1)	0,875	20,737*	0,766			
VALOR MARCA						
F1 Valor funcional				0,897	0,829	0,708
Sus productos son de gran calidad(F1)	0,871	21,197*	0,759			
Servicios son mejores que otras (F3)	0,811	21,029*	0,657			
F2 Valor afectivo				0,810	0,816	0,691
Es una marca agradable (A1)	0,89	21,625*	0,791			
Es una marca atractiva (A2)	0,768	17,738*	0,590			
F3 Valor simbólico				0,824	0,759	0,612
Significa prestigio (S2)	0,769	16,803*	0,591			
Sigue la moda (S3)	0,795	17,984*	0,631			
F4 Valor económico				1	0,859	0,859
Se ajusta a mi poder adquisitivo (E1)	0,927	5,528*	0,859			
RESPUESTA AL PATROCINIO						
F1 Favorabilidad				0,963	0,963	0,896
Este patrocinio me hace sentir más favorable hacia Telefónica (A1)	0,929	27,684	0,864			
Este patrocinio podría mejorar mi percepción de Telefónica (A2)	0,949	28,058	0,900			
Este patrocinio podría hacer que me guste más Telefónica (A3)	0,962	33,461	0,925			
F2 Interés				0,944	0,944	0,849
Este patrocinio me ayudaría a reconocer el nombre de Telefónica en otras ocasiones (B1)	0,876	25,561	0,767			
Este patrocinio me ayudaría a que preste atención a la publicidad de Telefónica (B2)	0,960	31,196	0,922			
Este patrocinio me ayudaría a recordar la promoción de Telefónica (B3)	0,926	29,597	0,857			
F3 Uso e intención de compra				0,964	0,965	0,872
Este patrocinio me ayudaría a que use el producto de Telefónica (C1)	0,948	34,074	0,899			
Este patrocinio me haría más propenso a considerar los productos de Telefónica la próxima vez que compre (C2)	0,956	34,427	0,914			

Sería más probable que contrate algún servicio con Telefónica como resultado de este patrocinio (C3)	0,939	31,288	0,882
Siempre consideraré adquirir los productos y servicios de Telefónica antes de considerar los de los no patrocinadores (C4)	0,891	25,028	0,794

* $p < 0.05$

$$(1) IFC = \frac{(L_{ij})^2}{(L_{ij})^2 + \text{Var}(E_{ij})}; \text{Var}(E_{ij}) = 1 - (L_{ij})^2 \quad (2) IVE = \frac{L_{ij}^2}{L_{ij}^2 + \text{Var}(E_{ij})}; \text{Var}(E_{ij}) = 1 - (L_{ij})^2$$

Tabla A2. Ajuste del modelo.

Valor evento	Valor marca
S-B $\chi^2(2) = 1,2412$ $p = 0,53763$; $\alpha = 0,882$; NFI = 0,997; NNFI = 1,008; CFI = 1,000; RMSEA = 0,000	S-B $\chi^2(8) = 12,9596$ $p = 0,11325$; $\alpha = 0,917$; NFI = 0,990; NNFI = 0,990; CFI = 0,996; RMSEA = 0,041
Respuesta al patrocinio	
S-B $\chi^2(32) = 49,6581$ $p = 0,02404$; $\alpha = 0,971$; NFI = 0,990; NNFI = 0,995; CFI = 0,996; RMSEA = 0,039	

Tabla B3. Las escalas del estudio.

<i>Medición del valor percibido del evento y de la marca</i>	
EVENTO FÓRMULA 1	MARCA TELEFÓNICA
VALOR FUNCIONAL	
La F1 es un evento deportivo significativo(F1)	Sus productos son de gran calidad(F1)
La F1 es una competición interesante(F2)	Se puede confiar en sus productos (F2)
La F1 está bien organizada(F3)	Sus servicios son mejores que los de otras marcas (F3)
La F1 es un acontecimiento muy importante (F4)	
VALOR AFECTIVO	
La F1 es un espectáculo excitante(A1)	Es una marca agradable (A1)
Las carreras de la F1 son algo bonito de ver(A2)	Es una marca atractiva (A2)
La F1 es un espectáculo agradable(A3)	Es una marca sensual (A3)
La F1 me hace soñar(A4)	
VALOR SIMBÓLICO	
La F1 'está en el candelero'(S1)	Es una marca con clase (S1)
La F1 significa prestigio(S2)	Significa prestigio (S2)
La F1 está de moda(S3)	Sigue la moda (S3)
La F1 es un acontecimiento con clase(S4)	
VALOR ECONÓMICO	
	Se ajusta a mi poder adquisitivo (E1)
	Es una marca/servicio caro (E2)
	Es una marca exclusiva (E3)

Escala Likert de cinco posiciones (1= Nada de acuerdo; 5= Totalmente de acuerdo)

Fuente: Smith & Colgate (2007).

Medición de las emociones con el evento

POSITIVAS	NEGATIVAS
Contento (A1)	Enfadado (B1)
Encantado (A2)	Ofendido (B2)
Tranquilo (A3)	Desilusionado (B3)

Fuente: Hall, O'Mahony & Vieceli (2010) y Gwinner & Swanson (2003).

Medición de la satisfacción con el evento

- He disfrutado durante la F1(1)
- Mi elección de asistir a la F1 fue acertada (2)
- Estoy satisfecho con mi experiencia actual en la F1 (3)
- La F1 es exactamente el evento deportivo que yo necesitaba (4)

Escala Likert de cinco posiciones (1= Nada de acuerdo; 5= Totalmente de acuerdo)

Fuente: San Martín (2005).

Medición de la satisfacción con la marca

- Con los productos y servicios de Telefónica (1)
- Con Telefónica en relación con otras empresas competidoras (2)
- Con Telefónica en general (3)

Escala Likert de cinco posiciones (1= Nada satisfecho; 5= Totalmente satisfecho)

Fuente: Gwinner & Swanson (2003).

Medición de la lealtad al evento

- Intentaré volver a la F1 en los próximos años (A1)
- Tras mi experiencia actual, creo que regresaré a F1 en el futuro (A2)
- Animaré a mis familiares y amigos a que asistan en algún momento a la F1 (B1)
- Recomendaría la F1 si alguien me pidiera consejo (B2)

Escala Likert de cinco posiciones (1= Nada de acuerdo; 5= Totalmente de acuerdo)

Fuente: San Martín (2005).

Medición de la respuesta al patrocinio

Favorabilidad

- Este patrocinio me hace sentir más favorable hacia Telefónica (A1)
- Este patrocinio podría mejorar mi percepción de Telefónica (A2)
- Este patrocinio podría hacer que me guste más Telefónica (A3)

Interés

- Este patrocinio me ayudaría a reconocer el nombre de Telefónica en otras ocasiones (B1)
- Este patrocinio me ayudaría a que preste atención a la publicidad de Telefónica (B2)
- Este patrocinio me ayudaría a recordar la promoción de Telefónica (B3)

Uso e intención de compra

- Este patrocinio me ayudaría a que use el producto de Telefónica (C1)
- Este patrocinio me haría más propenso a considerar los productos de Telefónica la próxima vez que compre (C2)
- Sería más probable que contrate algún servicio con Telefónica como resultado de este patrocinio (C3)
- Siempre consideraré adquirir los productos y servicios de Telefónica antes de considerar los de los no patrocinadores (C4)

Escala Likert de cinco posiciones (1= Nada de acuerdo; 5= Totalmente de acuerdo)

Fuente: Speed & Thompson (2000) y Smith, Graetz & Westerbeek (2008).



Características del hogar y pobreza: una aplicación de las máquinas de soporte vectorial

RAHMER, BRUNO DE JESÚS

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (Colombia)*

Correo electrónico: brunodejesus.2509@gmail.com

GARZÓN SAÉNZ, HERNANDO*

Correo electrónico: hgarzons2019@gmail.com

ORTIZ PIEDRAHITA, GUSTAVO*

Correo electrónico: gustavaoop@gmail.com

SOLANA GARZÓN, JOSÉ*

Correo electrónico: ingjosemsolanag@gmail.com

RESUMEN

El uso de técnicas cuantitativas para la clasificación de segmentos poblacionales es una fase crítica para evaluar sus condiciones de existencia, información que sirve como input para los procesos de planificación de estrategias dirigidas a paliar la pobreza y la intervención discrecional de tales grupos, bajo los criterios de racionalidad económica e instrumental. En este artículo se construye un modelo de máquinas de soporte vectorial, entendido éste como un algoritmo de aprendizaje supervisado que proporciona un clasificador lineal no probabilístico con un superlativo nivel de precisión. De este modo, se segmenta una muestra de núcleos familiares residentes en Cartagena de Indias, en función de ciertas variables económicas y sociodemográficas. La obtención de los resultados analíticos refrenda el hecho de que los factores con mayor poder de discriminación entre los agentes económicos son el estatus laboral, la accesibilidad a servicios públicos y la renta percibida por los núcleos familiares. Por otra parte, se corrobora que las condiciones de vecindario y la recepción de transferencias monetarias corrientes tienen un poder clasificatorio reducido.

Palabras clave: algoritmo de aprendizaje; hogares censales; máquinas de soporte vectorial; métodos de clasificación; pobreza.

Clasificación JEL: C00, M00.

MSC2010: 62P20, 68T01, 62P25.

Household characteristics and poverty: an application of support vector machines

ABSTRACT

The use of quantitative techniques for the classification of population segments is a critical phase to evaluate their conditions. This information will serve as input for planning strategies to alleviate poverty. In this article, we present a model of vector support machines. Consequently, a sample of families residing in Cartagena de Indias is segmented, based on certain economic and sociodemographic variables. Analytical results confirm that most important factors are employment status, accessibility to public services and familiar income. In addition, it is corroborated that neighborhood conditions and monetary transfers have a low discriminatory power.

Keywords: learning algorithm; household data; support vector machines; classification methods; poverty.

JEL classification: C00, M00.

MSC2010: 62P20, 68T01, 62P25.



1. Introducción

La condición de pobreza tiene como implicación la carestía de recursos para la satisfacción de necesidades biopsicosociales elementales. La privación refleja diferentes grupos de necesidades humanas insatisfechas, por lo que su delimitación conceptual permite dilucidar los factores causales más relevantes, así como también, la determinación de la naturaleza agregativa de las distintas tipologías de privaciones. No es una realidad vedada que un amplio segmento de núcleos familiares y colectivos en el espacio geográfico colombiano, afronta una escabrosa problemática de pobreza abyecta y escasez de bienes y/o servicios esenciales. Por tanto, el curso de acción que ha de ser acometido para sortear tales circunstancias indeseables, es el diagnóstico de las condiciones materiales de tales grupos poblacionales. Asimismo, es menester la vertebración de estrategias tendentes a reducir la probabilidad de recaída en la deprivación absoluta y el detrimento de las condiciones materiales de los agentes económicos. Tales operaciones coordinadas implican el concurso activo de las fuerzas mercantiles y los órganos de planificación central.

En virtud de lo esgrimido anteriormente se deriva el interés por caracterizar la dinámica de los agentes económicos en estado de vulnerabilidad y la comprensión de los factores configurantes de su estatus socioeconómico. Tradicionalmente la medición y el análisis de la pobreza se ha fundamentado en la evaluación de variables de orden económico como los ingresos primarios, tasa de consumo o ahorro. Sin embargo, éstos no son los únicos indicadores apropiados para explicar el nivel de vida, en tanto que el bienestar material no es reductible a un fenómeno monetario. Por ello es una faena de gran complejidad capturar los rasgos distintivos de las poblaciones subsumidas en estado de deprivación, máxime cuando múltiples dimensiones distales y de orden estructural, que se hallan inextricablemente entrelazadas, inciden simultáneamente en el status socioeconómico de los agentes.

El objetivo ulterior de este paper es examinar exhaustivamente la incidencia de variables sociodemográficas y económicas en el status de una muestra significativa de núcleos familiares que residen en la ciudad de Cartagena de Indias (Colombia) y presentan condiciones vitales deterioradas, relativamente heterogéneas. La segmentación de los agentes económicos se realiza a partir de la inclusión de predictores cuantitativos y categóricos. Para tal efecto, se propone la construcción de un modelo de máquinas de soporte vectorial, que es especialmente proficiente para el abordaje de problemáticas investigativas como la aquí comentada (Cuentas, Peñabaena-Niebles & Gar, 2017; Jara, Giral & Martínez, 2016). Las máquinas de vectores de soporte pertenecen a una compilación de métodos kernel que han de ser entendidos como rutinas de aprendizaje reunidos bajo la cubierta de la minería de datos. Así, provisto un conjunto de datos distribuidos en las dos clases señaladas anteriormente, el modelo SVM propuesto busca hallar un hiperplano, de suerte que, una fracción mayoritaria de puntos pertenecientes a una clase, se localicen en el mismo lado, además de hacer máxima la distancia de tales clases al hiperplano definido.

Puede afirmarse taxativamente, que el tópico de la pobreza reviste especial importancia en el contexto de la economía del desarrollo, amén de ser una tendencia crecientemente activa en la literatura especializada (Mohamoud, Kirby & Ehrenthal, 2019; Roos, Wall-Wieler & Boram, 2019). La relevancia de esta investigación estriba en su capacidad para proporcionar una plataforma teórica expedita para la caracterización de poblaciones en función de factores variopintos como los de orden social, económico y geográfico, mediante el uso de una técnica de clasificación avanzada.

2. Metodología

La investigación empírica se despliega en un conjunto de hogares de la ciudad de Cartagena de Indias a fin de evaluar su status socioeconómico. La muestra objeto de investigación está conformada por 122 familias que residen en sectores geográficos periféricos como las Localidades 1 y 2. El proceso de selección muestral se realiza de forma estratificada de modo que la totalidad de casos seleccionadas para el estudio se segmenta en subpoblaciones para escoger aleatoriamente a las entidades finales de

los distintos estratos, proporcionalmente. De esta manera, se posibilita la identificación de conglomerados o macro categorías altamente homogéneas que exhiben cierto grado de heterogeneidad intergrupala. En este caso particular, la respuesta solo admite dos estados, a saber: pobreza monetaria/ no pobreza monetaria. Para construir la regla discriminante se definen variables cuantitativas y categóricas de índoles económica y demográfica.

El ejercicio de clasificación se segmenta en dos fases bien distinguidas: la fase de aprendizaje automático y la fase de reconocimiento (González, Barrientos & Toa, 2017). En la primera se selecciona el conjunto de datos de entrenamiento, se extraen los atributos y características del espacio de entrada y se entrena el clasificador. Para efectos de validación, esto es, para el ajuste de los hiperparámetros contenidos en el modelo se dispone del método *k-fold* que divide a los subconjuntos de prueba/entrenamiento en grupos equivalentes en tamaño. La lógica seguida para el particionamiento de los datos se explicita a continuación: una porción mayoritaria de los casos se destina a la muestra de entrenamiento, otro subconjunto menor en tamaño de los registros comprende la muestra de prueba y la cantidad de registros remanentes corresponden a la muestra de reserva. Tras el proceso de aprendizaje se obtiene un conjunto de parámetros que definen la función discriminante, estableciéndose entonces una frontera definida entre clases o regiones.

Dado que el problema abordado no es linealmente separable, el Kernel seleccionado para la construcción del modelo de soporte vectorial es de tipo polinomial. En la fase de reconocimiento, el modelo del clasificador entrenado permite asignar a los nuevos datos de entrada una de las clases, a saber, abandono o permanencia, según la similitud de sus características. Una vez obtenido el modelo final se reportan estadísticos descriptivos, la matriz de confusión y otros estadísticos derivados del proceso de clasificación de los agentes económicos. Posteriormente se reportan ciertos indicadores que permiten evaluar la capacidad discriminante del modelo y compararlo con otros.

3. Generalidades de las máquinas de soporte vectorial

Los modelos de soporte vectorial (SVM) son sistemas de aprendizaje automatizado cuyos procesos de entrenamiento están controlados por un agente externo y están controlados por un agente externo y están propiamente relacionados con problemas de clasificación binaria o multiclase mediante la inducción de un separador lineal ya sea en el espacio original de los ejemplos de entrada, si éstos son separables o cuasi-separables o en un espacio transformado (denominado espacio de características) si los ejemplos no son separables linealmente en el espacio original. El principio inductivo asociado a esta tipología de modelo busca la minimización de riesgo estructural (Saidi, Fnaiech & Ben Ali, 2015), esto es, la reducción de la probabilidad de clasificación errónea de nuevos ejemplos. La lógica interna que rige estos modelos discriminantes es simple, pues a partir de una cantidad limitada de patrones de aprendizaje y etiquetas de clase se entrena una SVM con el objeto de que ésta aprenda una superficie de decisión apropiada. Las SVMs representan en un eje de coordenadas los vectores de entrenamiento, maximizando la distancia entre las muestras más cercanas de las distintas clases. Así, las entradas nuevas eventualmente introducidas se colocan sobre el mismo eje y en función de la proximidad de los grupos antes separados, serán clasificadas en una u otra clase (Sánchez, 2015). El grueso del desarrollo teórico sobre clasificación supervisada puede ser entendido de un modo levemente restrictivo y simplista, como un problema en el que se tiene a disposición dos clases con nula pérdida de generalidad en el que se procura separarlas a través de la inducción de separadores en espacios de alta dimensionalidad.

Sea entonces un conjunto de datos de entrenamiento que comprende pares de atributos-etiquetas $\{(x_1, y_1) \dots (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)\}$ en el que $x_i \in \mathbb{R}^d$ e $y_i \in \{-1, 1\}$ para cada $i = 1, 2, 3 \dots n$. El modelo de máquinas de soporte vectorial, desde una perspectiva estrictamente pragmática, halla un hiperplano de separación óptima expresado por $(\omega * x) + b = 0$ donde $\omega, x \in \mathbb{R}^d, b \in \mathbb{R}$ de entre otros alternativos, que proporciona mayor separación entre él y los casos disponibles (Suchacka,

Skolimowska-Kulig & Potempa, 2015). Para patrones linealmente separables la función discriminante queda expresada como:

$$d(\omega, x, \beta) \frac{1}{\|\omega\|} \rightarrow |\omega \cdot x + \beta| = 1$$

Así, se tiene que el margen de separación canónico en el que los patrones de entrenamiento más próximos al plano poseen distancia normalizada $d(\omega, x, \beta) = 1$ y para los patrones restantes $d(\omega, x, \beta) > 1$ (Jiménez & Rengifo, 2010). Una propiedad deducible inmediatamente a partir de la definición teórica de hiperplano de separación óptimo es que éste equidista del caso más próximo a cada clase configurada. Desde una óptica algorítmica y meramente procedimental, el problema de optimización del margen geométrico representa un problema de optimización cuadrática con restricciones lineales que puede ser resuelto mediante la utilización de técnicas estándares de programación no lineal en el cual, la cantidad de variables es equivalente al cúmulo de datos dispuestos para el entrenamiento (Carmona, 2014). La propiedad de convexidad exigida para su abordaje confirma la existencia de una solución única. Adicionalmente, es preciso señalar que si tal problema se transforma apelando al principio de dualidad adquiere la estructura:

$$\begin{aligned} & \min \frac{\|\omega\|^2}{2} \\ & \text{sujeto a} \\ & y_i(x_i \cdot \omega + \beta) - 1 \geq 0, \quad i = 1, 2, 3 \dots n \end{aligned}$$

El problema de optimización propuesto se resuelve hallando el punto de silla del Lagrangiano Primal:

$$\mathcal{L}(\omega, \beta, \alpha) = \frac{1}{2} \langle \omega, \omega \rangle - \sum_{i=1}^m \alpha_i [y_i (\langle \omega, x_i \rangle + \beta) - 1]$$

Para hallar el punto de ensilladura $(\omega_0, \beta_0, \alpha_0)$ se minimiza la función $\mathcal{L}(\omega, \beta, \alpha)$ respecto a ω y β y se maximiza respecto $\alpha_i > 0$ que representa una solución en el espacio primal. Al establecer el gradiente igual a cero se obtienen los mínimos locales:

$$\nabla L(\omega^*, \beta^*, \alpha) = \begin{bmatrix} \omega^* - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i \\ \omega^* - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i \end{bmatrix} = 0$$

La solución (ω^*, β^*) satisface la condición complementaria de Kuhn-Tucker expresada como:

$$\alpha_i [y_i (\langle \omega^*, x_i \rangle + \beta^*) - 1] = 0 \quad \forall i$$

Si se reemplazan estas condiciones en el Lagrangiano original se obtiene que:

$$\max \mathcal{L}(\alpha) = \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j \langle x_i x_j, \rangle$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0$$

En este caso existe un a tal que $\alpha_i^* = 0$ para todo x_i que satisface $y_i(\omega^* x_i + \beta^*) > 1$ y $\alpha_i > 0$ siempre que $y_i(\omega^* x_i + \beta^*) = 1$. Los vectores soporte son los vectores x_i del conjunto de entrenamiento que proporcionan un multiplicador $\alpha_i > 0$ y son los más próximos a la cota de decisión. Es evidente que el problema planteado bajo esta formulación puede ser resuelto mediante el uso de técnicas ortodoxas de programación no lineal y garantizando simultáneamente el alcance de cierta economía computacional. Se tiene entonces que el valor de β^* puede ser obtenido de manera inmediata utilizando las restricciones del primal, promediando a partir de los vectores soportes. Por otro lado, ω^* puede ser expresado como una combinación lineal de los vectores de entrada. De este modo, se formula la expresión del sesgo $\hat{\beta}$ y ω^* quedan respetivamente como:

$$\beta^* = \frac{1}{2} [\min_{y_i=+1}(\langle \omega^*, x_i \rangle) + \max_{y_i=-1}(\langle \omega^*, x_i \rangle)]$$

$$\omega^* = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i$$

Y el clasificador o función de decisión $f(x)$ para el hiperplano se construye como:

$$f(x) = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^m \alpha_i^* y_i \langle x, x_i \rangle + \beta^*\right)$$

Ahora bien, para el caso no separable, las restricciones de separabilidad son relajadas mediante la introducción de una penalización por clasificaciones erróneas $\xi_i (i = 1, 2, 3 \dots n)$ de modo que comparece un problema de minimización del tipo:

$$\begin{aligned} \min \frac{\|\omega\|^2}{2} + \mathbb{C} \sum_{i=1}^m \xi_i^k \\ \text{sujeto a} \\ y_i(x_i * \omega + \beta) - 1 + \xi_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{y} \quad \xi_i \geq 0 \end{aligned}$$

siendo el \mathbb{C} una constante regularización determinada vía validación cruzada. Un incremento de este valor permite la obtención de un margen más estricto, enfatizando en minimizar el número de clasificaciones erróneas; una disminución de este valor, por el contrario, hace permisible la ocurrencia de más infracciones en el proceso clasificatorio (Awad & Khanna, 2015). Como consecuencia de esta reformulación el Lagrangiano primal se modifica:

$$\mathcal{L}(\omega, \beta, \alpha) = \frac{1}{2} \langle \omega, \omega \rangle + \mathbb{C} \sum_{i=1}^m \xi_i^k - \sum_{i=1}^m \alpha_i [y_i(\langle \omega, x_i \rangle + \beta) - 1 + \xi_i^k] - \sum_{i=1}^m \delta_i \xi_i^k$$

siendo δ_i los multiplicadores de Lagrange que hacen $\xi_i^k > 0$. Luego entonces, la formulación del problema en su forma dual resultaría siendo una obviedad:

$$\max \mathcal{L}(\alpha) = \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j \langle x_i x_j, \rangle$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0$$

$$0 \leq \alpha_i \leq \mathbb{C}$$

4. Resultados y discusión

Este epígrafe está segmentado en cuatro subsecciones bien distinguidas. En la primera parte se explica de modo pormenorizado el proceso de pretratamiento y depuración de la información recabada. Asimismo, se reportan algunos estadísticos descriptivos (de tendencia central, dispersión y localización) asociadas a las variables explicativas que son de naturaleza continua. Para aquellas variables categóricas se ha explicitado el procedimiento de codificación, consistente en la traslación de información de tipo alfanumérico a numérico, lo que facilita ostensiblemente la interpretación de los resultados estimados. De forma inmediata se explica la lógica interna del particionamiento de los patrones de entrada destinados para muestra de reserva, de validación y de entrenamiento del modelo de soporte vectorial. Subsecuentemente se describen las propiedades matemáticas del kernel seleccionado, así como también, el procedimiento de ajuste de los hiperparámetros del modelo, denominado *validación cruzada*. En la última fase, se relaciona una batería de estadísticos útiles para diagnosticar el performance del modelo obtenido.

4.1. Caracterización de variables y datos de entrada

En este caso, se seleccionarán de forma intencional a 227 familias de composición heterogénea pertenecientes a los estratos 1 y 2. La cobertura geográfica del estudio abarca varias localidades de la zona suroriental y suroccidental de Cartagena de Indias.

El tipo de muestreo es bietápico con estratificación en las unidades de primera etapa. Las unidades de muestreo de primera etapa son los barrios de estrato 1 y 2 de la zona suroccidental y suroriental y las de segunda etapa son las familias residentes en estos espacios geográficos. Acótese que en el interior de las familias no se efectúa ningún proceso de submuestreo. Se hipotetiza que las variables predictoras insertas en el estudio explicarían el estatus socioeconómico de la muestra de familias seleccionadas. En ese orden de ideas se segmentan las propiedades mensurables en dos tipos bien distinguidos: variables independientes escaladas métricamente y de tipo continuo y variables de naturaleza cualitativa que son relevantes para efectos discriminativos.

Para las variables de naturaleza cuantitativa el cambio de escala se realiza con el objeto de compactar el espectro de valores admisibles y eliminar la independencia de las variables respecto a las unidades de medida. El ajuste se hace bajo un esquema de normalización tradicional, de modo que los datos quedan expresados puntuaciones estándares. Para el caso de las variables categóricas se ha utilizado un sistema de codificación dummy, asignando coeficientes numéricos a las modalidades observadas en la base de datos construida. Tal procedimiento, mejora patentemente el tratamiento de estas variables para su posterior inclusión en el modelo a estimar. No obstante, la identificación de las categorías precisa de un elevado grado de subjetividad que puede repercutir en la sensibilidad del modelo estimados. Así, en la Tabla 1 se registra la descripción para las variables cuantitativas y las codificaciones respectivas para las variables categóricas. Debido a que existen múltiples variables de entrada el tiempo de convergencia del algoritmo de aprendizaje será relativamente alto.

Tabla 1. Caracterización de Variables de entrada.

TABLA DE PREDICTORES

VARIABLE RESPUESTA	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	VALORES ADMISIBLES
Estatus socioeconómico de la familia	Multidimensional	Este estado de pobreza del infante está representado por una variable dicotómica que identifica al infante como pobre multidimensionalmente o no	0: Estado de pobreza multidimensional 1: No se encuentra en estado de pobreza multidimensional

CATEGORÍA	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALORES ADMISIBLES
VARIABLES ECONÓMICAS Y SOCIODEMOGRÁFICAS	Renta familiar	Variable cuantitativa. Representa el nivel de renta percibido por núcleo por núcleo familiar	(0, P)
	Años de escolaridad	Variable cuantitativa. Indica el tiempo de escolaridad los cabezas de familia, medidos en años	(0, P)
	Transferencias monetarias	Variable cuantitativa. Es una variable agregada que recoge las transferencias monetarias condicionadas y no condicionadas, receptada por núcleo familiar	(0, P)
	Estatus laboral	Variable cualitativa. Indica el tipo de empleabilidad en que se encuentran los jefes familiares	0: Empleado formal 1: Empleado informal 2: No empleado
	Accesibilidad a servicios públicos	Variable categórica. Indica la posibilidad del núcleo familiar para acceder a servicios públicos esenciales y complementarios	0: Acceso a todo al elenco de servicios públicos 1: Acceso a servicios públicos esenciales 2: Acceso deficiente a servicios públicos
	Condiciones de vecindario	Variable categórica. Indica la frecuencia de ocurrencia de hechos violentos en el entorno donde subyacen los hogares	0: No ocurrencia de hechos violentos en el último año 1: Ocurrencia de cinco hechos violentos, como máximo 2: Ocurrencia de más de cinco hechos violentos, como máximo

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se realiza un análisis exploratorio de la totalidad de variables identificadas en el proceso de recolección de información relevante para los propósitos investigativos. Una vez definidas las variables de estudio, se procede a efectuar un análisis descriptivo de las mismas.

Para variables numéricas, en las que puede existir una cantidad considerable de valores observados de naturaleza distinta se ha de optar por un método de análisis distinto. En primera instancia, se reportan los estadísticos de resumen para cada variable. Se reportan, además, las medidas de dispersión que describen el grado de lejanía de las observaciones con respecto a la medida de la tendencia central. Igualmente, se registran medidas de la tendencia central proporcionan un guarismo que resume la distribución media de una variable.

Nótese que la renta media de los hogares no pobres, corregida por tamaño familiar, es superior a la renta familiar media de las familias en estado de privación. La desviación estándar en ambos segmentos poblacionales es bastante similar. Aunque el promedio de las transferencias monetarias receptadas en los hogares pobres y no pobres difiere, la mediana de ambos grupos es similar. Nótese igualmente, que el tiempo de escolaridad medio de los jefes de núcleo familiar que no se hayan en estado de privación es aproximadamente dos veces mayor que en sus contrapartes que se hayan en

estado de pobreza. También es particularmente interesante que el tiempo de escolaridad más frecuente de los jefes familiares de estos hogares, es de 1,15 años.

Tabla 2. Análisis descriptivo de variables cuantitativa.

	No pobreza / Pobreza									
	0					1				
	Media	Mediana	Moda	Rango	Desviación estándar	Media	Mediana	Moda	Rango	Desviación estándar
Renta Inicial (Miles de pesos)	834,65	854,80	417,50	776,08	31,71	610,63	621,03	422,31	475,78	34,27
Transferencias monetarias (Miles de pesos)	152,50	227,79	281,17	194,45	33,79	271,19	280,58	300,00	475,48	29,54
Tiempo de escolaridad	4,297	5,05	5,47	3,10	8,30	2,04	3,65	1,15	5,13	17,58

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestra un análisis descriptivo de las variables cualitativas consideradas en el estudio. Percíbese que las características más comunes de los grupos de hogares pobres pueden ser resumidas del siguiente modo. El 71,4% de los jefes de hogar se halla en estado de informalidad y sólo el 7,9% de los jefes de estos grupos están vinculados formalmente a un empleo directo. Asimismo, es perceptible que el 92,5% de los hogares ha reportado frecuentemente hechos delictivos. Un 54% de los hogares tiene acceso al elenco de servicios esenciales ofertados en el distrito, mientras que un 22,2% no acceden a una gama de servicios no esenciales y esenciales.

Tabla 3. Análisis descriptivo de variables categóricas.

		0		1	
		Recuento	% de N totales de columna	Recuento	% de N totales de columna
Estatus Laboral	0	40	59,7%	5	7,9%
	1	21	31,3%	45	71,4%
	2	6	9,0%	13	20,6%
Condiciones del vecindario	0	23	36,5%	2	3,0%
	1	28	44,4%	3	4,5%
	2	12	19,0%	62	92,5%
Accesibilidad a servicios públicos	0	47	70,1%	34	54,0%
	1	13	19,4%	15	23,8%
	2	7	10,4%	14	22,2%

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los hogares que no se encuentran en estado de pobreza multidimensional tienen las siguientes características. El 59,7% de los jefes de hogar se encuentra vinculado a empleo formal y sólo el 9% de los encuestados reporta estar desempleado. El 36,5% de los hogares no ha reportado

hechos violentos en su vecindad y el 19% de los hogares en este estado reportan una cantidad considerable de hechos de esta naturaleza. Mientras tanto, el 70,1% de estos hogares tienen acceso total a la gama de servicios ofertados en el distrito.

4.2. Creación de la partición de datos

La mecánica interna del particionamiento de los datos es la siguiente: el 60% de los casos se destinan a la muestra de entrenamiento; el 30% de los registros comprenden la muestra de prueba. Esta última partición se crea con el objeto de ejecutar un seguimiento. Los registros remanentes conciernen a la muestra de reserva. Los conjuntos de validación y test están constituidos por un conjunto de registros inmediatamente posteriores a los datos que conforman la muestra destinada para el entrenamiento. El algoritmo de aprendizaje crea un modelo tentativo a partir de una fracción muestral reducida antes de trasladarlo a la totalidad de registros destinados para el entrenamiento. Posteriormente, éste se actualiza gradualmente con base en los outputs del ciclo. Este procedimiento se aplica en reiteradas ocasiones hasta alcanzar la convergencia en una cantidad máxima permisible de vectores soporte.

4.3. Selección de Kernels

La función Kernel que se define como un producto escalar de dos puntos bajo el mapeo ϕ y puede ser definida formalmente del siguiente modo:

Sea un X un conjunto no vacío. Si se tiene una función $K: X \times X \rightarrow \mathbb{K}$ es simétrica y semidefinida positiva existe un espacio de Hilbert H y un mapa $\phi: X \rightarrow H$ tal que para todo $x, x' \in X$ y se tiene:

$$k\langle x, x' \rangle := \langle \phi(x), \phi(x') \rangle$$

siendo ϕ un mapa de características y H a un espacio de características de k . Para el problema que nos ocupa se utiliza un Kernel de tipo Polinomial que adquiere la forma $k\langle z, z' \rangle := (\langle z, z' \rangle + c)^m$ donde $z, z' \in \mathbb{C}^d$ siendo $m > 0$, $d \geq 1$ enteros y $c > 0$ u número real. La calibración de los parámetros se ejecuta de modo automático.

4.4. Validación cruzada del modelo y entrenamiento

La validación cruzada es un procedimiento elemental para ajustar los hiperparámetros del modelo de soporte vectorial a través del uso de múltiples conjuntos de prueba/entrenamiento partiendo de los datos disponibles (Wainer & Cawley, 2017) y sortear el indeseado fenómeno del sobreajuste. La validación cruzada k -fold divide equitativamente el conjunto de datos en k subconjuntos. Un subconjunto se usa como el conjunto de prueba τ , mientras que el resto $(k - 1)$ de subconjuntos forman el conjunto de entrenamiento X (Wen et al., 2017). Para este caso, el proceso de validación cruzada se aplica en 5 iteraciones con cada uno de los posibles subconjuntos de datos de prueba. Los resultados para las k repeticiones posteriormente son promediados para producir una única medida de estabilidad que permita evaluar la precisión del modelo de soporte vectorial para datos no observados.

El proceso de aprendizaje es bi-etápico. En la fase inicial, el algoritmo de entrenamiento inicia una búsqueda exhaustiva de un estimado de la constante de regularización-simbolizada con el grafema \mathbb{C} - para lograr una precisión clasificatoria colosal. Una vez calculado el valor de \mathbb{C} , en la fase subsiguiente, este valor es seleccionado para entrenar el modelo utilizando íntegramente la partición reservada para tal ejercicio.

4.5. Obtención del modelo final y evaluación

En el cuadro resumen reportado en la Tabla 4 se listan las especificaciones del modelo SVM, incluida la cantidad de vectores de soporte y sus ponderaciones respectivas, la función kernel utilizada y los hiperparámetros, en conjunto el valor de la constante de regularización \mathbb{C} que es igual a 6 para el caso

presente. También se reportan los resultados de la validación cruzada y las estadísticas de clasificación para el entrenamiento y las pruebas. La cantidad de vectores soporte es igual a 12 y tales participan de forma directa en la definición del hiperplano de separación óptimo. No existe una cantidad extensiva de vectores soporte y por ello no existe una pérdida en la parsimonia del modelo.

La aplicación de un principio inductivo, cuyo objeto no es otro sino el de minimizar del riesgo estructural le atribuye al modelo formulado una superlativa capacidad de generalización que permite generar predicciones con relativo acierto, tal y como se percibirá a la postre. Obsérvese que la acuracidad del proceso de validación cruzada es superior al 93,75%.

Tabla 4. Resumen del modelo.

Tipo de SVM: Clasificadorio con $C \geq 4,00$		
Tipo de Kernel: Lineal		
Número de Vectores Soporte: 8		
Precisión de la validación cruzada (%) = 90,75%		
Vectores Soporte por categoría:	Pobreza: 4	No pobreza: 4

PESOS	VECTORES SOPORTES					
	Renta Familiar	Tiempo de escolaridad	Transferencias monetarias	Estatus laboral	Accesibilidad a servicios públicos	Accesibilidad a oferta institucional
4,00	3,20	5	2,22	1,02	1,3	1,1
5,23	4,60	3	2,36	0,34	1,6	1,2
2,84	3,10	4	2,12	0,25	1,9	1,3
1,23	3,10	2	1,67	0,23	2,1	0,3
-4,10	4,05	6	1,43	1,76	0,6	0,4
-3,76	2,00	7	2,59	1,23	0,3	0,2
-0,96	3,10	9	1,71	1,50	0,2	0,6
-2,54	2,00	2	1,23	2,48	0,6	1,1

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de confusión que se presenta en la Tabla 5 es una matriz $M = (m_{ij})$ que consta de entradas $m_{ij} = \#\{x: x \text{ se predice como perteneciente a una clase } i \text{ pero que pertenece en realidad a la clase } j\}$ y es útil para corroborar que los errores cometidos en el proceso clasificatorio no están concentrados en alguna clase (Markowitz, Edler & Vingron, 2003). A la luz de los resultados presentados es notorio que una fracción casi inescrutable de clasificaciones son erróneas.

Tabla 5. Resultados de la Matriz de Confusión.

Distribución de la muestra (%)	Entrenamiento: 75%	Prueba: 20%	
Precisión de la clasificación (%)	Entrenamiento: 96,7875%	Prueba: 88,889%	Global: 95,122%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se registra una hoja de cálculo resultado del análisis *What if?* en la que se identifican los comportamientos de los núcleos familiares frente a variaciones en los valores admitidos por cada una de los predictores dispuestos para la confección del modelo sucedería si se realizaran cambios en un caso de predictor particular. Para efectos de simplificación, sólo se reportan los resultados de 12 casos predichos para los que se verifica la respuesta del modelo.

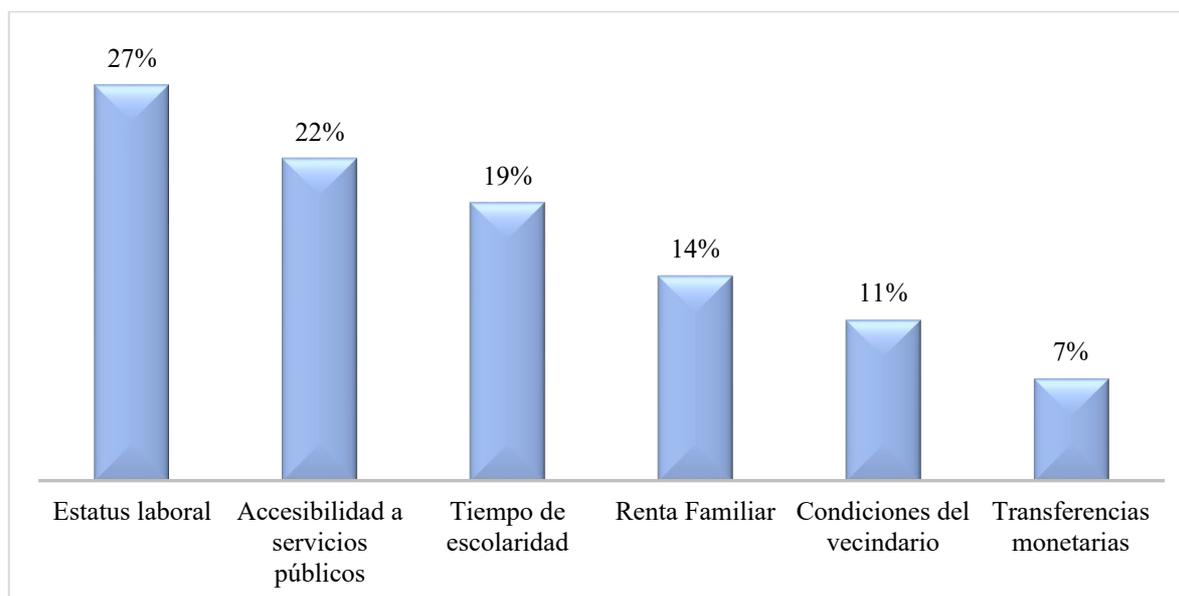
Tabla 6. Predicciones generadas.

Renta Familiar	Tiempo de escolaridad	Transferencias monetarias	Estatus laboral	Accesibilidad a servicios públicos	Accesibilidad a oferta institucional	VARIABLE RESPUESTA
4,01	4	4,28	0	1	0	P(✓)
5,02	6	2,52	0	1	1	P(✓)
9,8	8	1,91	0	0	1	P(✓)
4,7	9	2,01	0	0	0	P(✓)
5	11	1,80	1	1	1	No P(•)
6	3	1,20	0	0	0	P(✓)
1,3	6	2,10	1	1	1	No P(✓)

Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 1 se muestra la importancia relativa para clasificar entre grupos socioeconómicos. Nótese que las tres variables con mayor poder discriminatorio son, en orden decreciente, Estatus laboral, Accesibilidad a servicios públicos y Tiempo de escolaridad con 27%, 22% y 19% respectivamente. La variable con menor relevancia corresponde a la tasa de consumo familiar, que sólo tiene una importancia marginal de siete puntos porcentuales.

Ilustración 1. Importancia relativa de cada variable.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se registran algunos estadísticos utilizados para la diagnosis de los modelos de soporte vectorial. Nótese que las métricas consignadas no difieren significativamente en ambas submuestras (entrenamiento y validación). Así, por ejemplo, se percibe que tanto la sensibilidad como especificidad del modelo es próxima al 100%. En consecuencia, la probabilidad de clasificación de la fracción de verdaderos positivos y verdaderos negativos es sumamente alta y la tasa de falsos de positivos (que representa la tasa de casos negativos que el modelo detecta como positivos pobres) es casi inescrutable.

Tabla 7. Estadísticos de desempeño del modelo.

Estadístico	Conjunto de Entrenamiento	Conjunto de Validación
Especificidad	0,93	0,94
Precisión	0,91	0,92
Exhaustividad	0,90	0,87
F-score	0,91	0,90
FPR	0,89	0,86
Índice Kappa de Cohen	0,88	0,87

Fuente: Elaboración propia.

El modelo provee una buena acuracidad incluso para la predicción de clases minoritarias. Debido a que la medida de exhaustividad es próxima a 1 se evidencia que una fracción de instancias relevantes son plenamente recuperadas. Las medidas de exhaustividad y precisión son resumidas en una única métrica de rendimiento rotulada como F-Score que se expresa como la media armónica ponderada de aquellas. Por otro lado, el índice Kappa de Cohen muestra que la calidad de acuerdo es sustancial y que, por tanto, el performance del modelo respecto a uno que simplemente “vaticina” azarosamente la pertenencia a clases según sus frecuencias, es sensiblemente superior.

Es necesario utilizar variopintos indicadores cuantitativos que estimen la discrepancia entre valores prospectados y los valores observados. El objetivo en este aparte será efectuar un análisis comparativo del poder discriminante entre distintos modelos. En consecuencia, se reportan los siguientes indicadores: Se registra el valor del RMSE, que corresponde a la raíz cuadrada del error medio. También se muestra el MSE, que cuantifica el error cuadrado promedio de las predicciones y viene dado por la fórmula $MSE = \frac{1}{T} [\sum_{t=1}^T (Y_{ts} - Y_{ta})^2]$. Igualmente se presenta el error absoluto medio, expresado en términos porcentuales (MAPE). Este indicador es mucho más intuitivo que el RMSE, en tanto que no implica una estimación de la media para medir la magnitud del error. Está dado por la siguiente fórmula: $MAPE = \frac{1}{T} [\sum_{t=1}^T \frac{Y_{ts} - Y_{ta}}{Y_{ta}}] * 100\%$. Finalmente se muestra la función de entropía cruzada, que es una métrica dada por la siguiente expresión $H(p, q) = -\sum_x p(x) \log q(x)$. Esta función de costo es una medida de precisión para variables categóricas que describe la pérdida entre pares de distribuciones de probabilidad.

La Tabla 8 consigna un análisis comparativo entre diversas funciones de costo para otros modelos de clasificación. Nótese que el modelo de SVM presenta una raíz cuadrática del error medio y un error absoluto medio inferior a los demás modelos. Sin embargo, la regresión logística ponderada tiene un MAPE inferior y el modelo de perceptrón multicapa la entropía cruzada más baja.

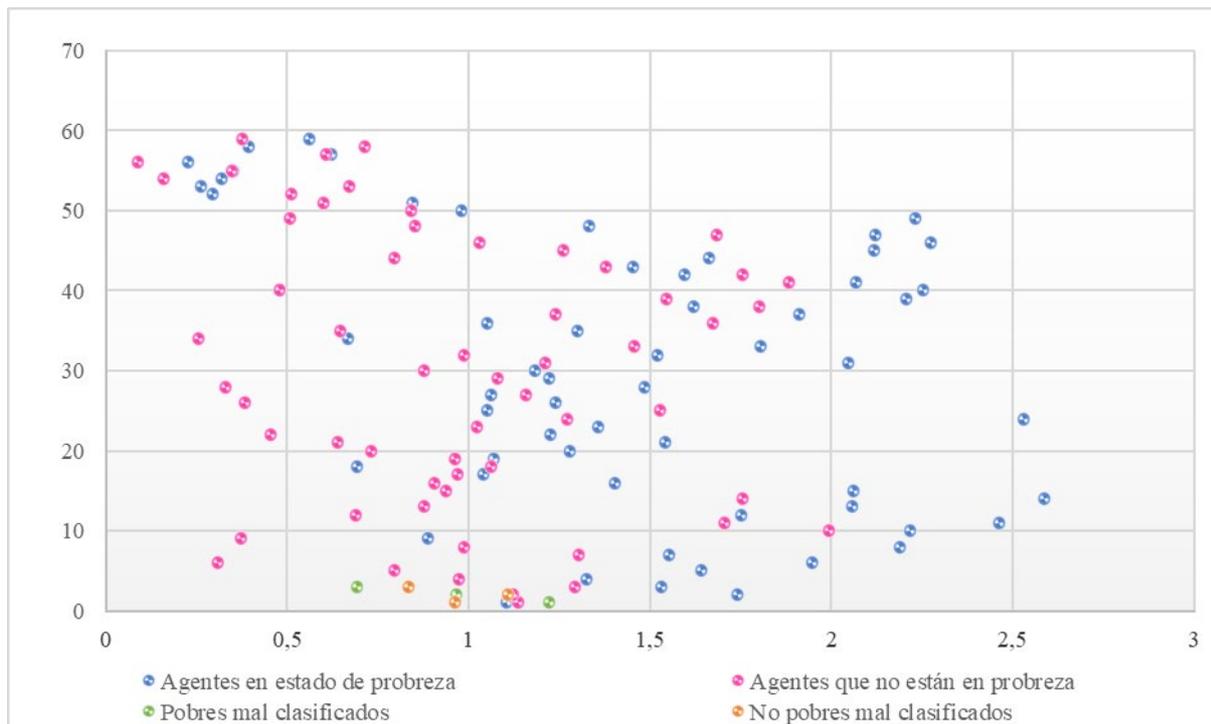
Tabla 8. Análisis comparativo entre modelos de clasificación.

MODELO	RMSE	MSE	MAPE	ENTROPÍA CRUZADA
Máquina de Soporte Vectorial	3,630	3,271	3,123	0,756
Regresión Logística	5,739	4,695	5,420	0,920
Regresión Logística Ponderada	6,557	6,634	3,853	0,943
Random Forest	4,335	5,291	4,394	0,944
Árbol de decisión	7,587	5,613	5,453	0,037
Perceptrón Multicapa	3,359	3,991	3,934	0,772

Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 2 se reproduce la máquina de soporte vectorial para casos históricos a fin de evaluar la eficiencia global del modelo construido en la fase de entrenamiento. Percíbase que la cantidad de entidades que mantienen su relación comercial o que abandonan es prácticamente marginal, en tanto que representan, en conjunto, el 4% de las clasificaciones efectuadas. Se ratifica, por tanto, la hipótesis que la eficiencia clasificatoria es significativamente alta.

Ilustración 2. Evaluación de la máquina de soporte Vectorial a partir de datos históricos.



Fuente: Elaboración propia.

A la postre se presenta una breve discusión sobre los resultados alcanzados en el proceso investigativo a la luz del estado del arte.

Para explicar la fenomenología de la pobreza se ha aducido que su emergencia y persistencia obedece a factores individuales, estructurales o fatalistas (Bastias, Cañadas, Sosa & Moya, 2019). El primer grupo de factores designa aquellas características de la individualidad que serían potenciales

determinantes de la pobreza. La segunda visión atribuye la pobreza a factores macro como, por ejemplo, sistemas institucionales, efecto agregado de las acciones sociales, entre otros. Por último, las atribuciones de tipo fatalistas, se refieren a variables que superan la esfera individual y social.

En la presente investigación se pretende evaluar la importancia de los factores causales y demás determinantes de la pobreza en la ciudad de Cartagena. Es un hecho claro observar la predominancia de variables de orden estructural, de naturaleza socioeconómica e individual.

Al analizar la situación laboral, es obvio que la probabilidad de caída en la pobreza es significativamente mayor cuando el agente económico se halla en estado de desempleo que cuando está ocupado. Ciertas ramas de la actividad económica suelen tener un “efecto protector” para la pobreza, pero requieren de una intensiva actividad intelectual, que se correlaciona positivamente con mayor tiempo de escolaridad y la consecuente adquisición de competencias laborales con valor agregado diferencial. Esto es particularmente cierto en el caso presente donde el factor “Nivel de escolaridad” tiene un potencial discriminatorio considerable. El impacto de cada nivel educativo alcanzado en la reducción de la pobreza ya ha sido corroborado en la literatura especializada. Adicionalmente, las circunstancias contextuales y el modelo productivo en ciertas localizaciones geográficas que están basadas en el sector primario con demanda de mano de obra menos calificada, con menores niveles de escolaridad y, por lo tanto, con menores remuneraciones (Arias, Sánchez & Agüero, 2018). Esto es particularmente cierto para este caso investigativo.

También es preciso mencionar que a la luz de los resultados obtenidos la baja importancia marginal de la variable “Transferencias monetarias” obedece a que la recepción de tales no permite segmentar las poblaciones en los estratos socioeconómicos previamente establecidos. Sobre esta cuestión puede aducirse que la justificación de esta interferencia estatal en las decisiones acerca de la inversión en capital humano debe depender, virtualmente, del éxito constatado de su aplicación (García, 2017). Su éxito puede ser cuantificado en: la mejora de las condiciones sociosanitarias, el rendimiento académico, el aumento del gasto en alimentos y la disminución de la probabilidad de desnutrición infantil, el aumento del gasto en vestimenta, etc. En relación con esto, debe cuestionarse el verdadero alcance causal del “efecto de la condicionalidad” sobre el estatus socioeconómico de los agentes si las cantidades absolutas son al menos similares en ambos segmentos poblacionales considerados.

Asimismo, es preciso mencionar que las modificaciones en la tasa de crecimiento del ingreso y la pobreza relativa o absoluta ocurren conjuntamente y son causadas por factores que se modifican en simultáneo e interactúan entre ellos. Por ejemplo, se ha corroborado que la tasa de crecimiento del ingreso total es dependiente de las tasas de crecimiento de los ingresos laborales y de la participación relativa de tales fuentes sobre el ingreso total. Sin embargo, la composición por fuentes de los ingresos de los hogares puede diferir en las distintas zonas geográficas. Ciertamente, a distintas tasas de crecimiento entre fuentes de ingreso la desigualdad en la distribución del ingreso será más apuntalada (Bracco, Gasparini & Tornarolli, 2019). Sin embargo, estas distinciones no han sido tomadas en cuenta para el presente estudio. En concordancia con lo expuesto en la literatura especializada es notorio que el ingreso familiar es un factor ponderante para segmentar los grupos de agentes económicos.

En este caso, se hace evidente que el capital intelectual (medido por el nivel de escolaridad) está asociado con la reducción de los niveles de pobreza. Asimismo, la prevalencia de la pobreza afecta el stock de este tipo de capital (L.Harrison & Montgomery, 2019). Es notorio que las comunidades con niveles más altos de capital intelectual tienden a tener tasas de pobreza más bajas y que la pobreza puede representar barreras para la formación de este tipo de capital, siendo esto particularmente cierto para los segmentos poblacionales más vulnerables. Tal aserción, coincide con los resultados reportados, en tanto que la formación escolar es una variable discriminante de relevancia moderada.

También es particularmente cierto que un aumento de los ingresos suele tener un efecto considerable en el acceso a los servicios públicos que usufructúan los hogares. Esta tendencia puede apuntalarse si es posible mejorar el acceso a la educación y el acceso a los servicios de salud, agua y saneamiento, sobre todo en zonas urbanas que se hayan en estado de privación (Sanogo, 2019). Tal

veredicto conclusivo, que circula en el ámbito de lo normativo, puede estar en concordancia con los resultados obtenidos en esta investigación.

4. Consideraciones finales

En este paper se propuso la formulación y estructuración de un modelo cuantitativo avanzado para solucionar un problema de naturaleza no algorítmica como es la caracterización y perfilación socioeconómica. De este modo, es posible capturar las dinámicas socioeconómicas que exhiben los segmentos poblacionales en estado de pobreza. En este caso, se construyó un modelo automatizado que emula la conducta inteligente de sistemas biológicos y que posee una superlativa capacidad de aprendizaje. Tal técnica de modelamiento es expedita para la extracción de insight en cúmulos masivos de información, imbuida de excepcional complejidad. La intuición subyacente del modelo construido para el caso presente es la búsqueda de un hiperplano que proporcione la separación máxima entre dos clases no linealmente separables como son el grupo de familias en estado de pobreza y el grupo de familias que no se hallan en este estado. Ambos grupos conviven en la ciudad de Cartagena de Indias y poseen características distintivas que confieren cierto grado de heterogeneidad intergrupala. Entre los hallazgos principales se anotan, por ejemplo: que el estatus laboral, la accesibilidad a servicios públicos esenciales y la renta percibida por los núcleos familiares son predictores significativos del estatus socioeconómico. Mientras tanto, las condiciones del vecindario y la recepción de transferencias monetarias corrientes parecen no tener un potencial discriminatorio considerable.

El carácter representativo de este caso de estudio concreto permite extrapolar los elementos centrales del diseño metodológico a otros casos empíricos. Si embargo, la generalización analítica de los resultados obtenidos debe realizarse con cautela dado que las particularidades del contexto y la diacrónica evolución de los factores que marcan el sendero dinámico del status socioeconómico de los agentes este espacio geográfico puede afectar la validez de los resultados obtenidos.

En última instancia, se exhorta a orientar esfuerzos en otras líneas de investigación y en la construcción de estudios de casos en los que se identifiquen otros predictores de la pobreza multidimensional y monetaria en sectores geográficos distintos, así como también la evaluación de la plausibilidad de otras técnicas de machine learning e informática industrial reseñadas en la literatura especializada en aras de realizar, de modo verosímil, perfilaciones del status socioeconómico de ciertos grupos poblacionales.

Referencias

- Arias, R., Sánchez, L., & Agüero, O. (2018). Impacto de la educación sobre la pobreza en regiones de planificación de Costa Rica. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 1-21.
- Awad, M., & Khanna, R. (2015). Support Vector Machines for Classification: Theories, Concepts, and Applications for Engineers and System Designers. En M. Awad, & R. Khanna, *Efficient Learning Machines* (págs. 39-66). Apress, Berkeley, CA.
- Bastias, F., Cañadas, B., Sosa, V., & Moya, M. J. (2019). Explicaciones sobre el origen de la pobreza según área de formación profesional. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 107-120. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.282>
- Bracco, J., Gasparini, L., & Tornarolli, L. (mayo de 2019). *Explorando los Cambios de la Pobreza en Argentina: 2003-2015*. Centro de Estudios Distributivos Laborales y Sociales.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/75173/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Carmona, E. (11 de Julio de 2014). *Tutorial sobre Máquinas de Vectores Soporte (SVM)*. Recuperado el 17 de Marzo de 2018 de [http://www.ia.uned.es/~ejcarmona/publicaciones/\[2013-Carmona\]%20SVM.pdf](http://www.ia.uned.es/~ejcarmona/publicaciones/[2013-Carmona]%20SVM.pdf)
- Cuentas, S., Peñabaena-Niebles, R., & Gar, E. (2017). Support vector machine in statistical process monitoring: a methodological and analytical review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(1-4), 485-500.
- García, F. (2017). Responsabilidad y legitimidad en las transferencias monetarias condicionadas. *Diánoia*, 62(79), 193-216.
- González, R., Barrientos, A., & Toa, M. (2017). Aplicación de las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) al diagnóstico clínico de la Enfermedad de Párkinson y el Temblor Esencial. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 14(4), 394-405.
- Jara, J., Giral, D., & Martínez, F. (2016). Implementación de algoritmos basados en máquinas de soporte vectorial (SVM) para sistemas eléctricos: revisión de tema. *Revista Tecnura*, 20(48), 149-170.
- Jiménez, L., & Rengifo, P. (2010). Al interior de una máquina de soporte vectorial. *Revista de Ciencias*, 14, 73-85.
- L. Roos, L., Wall-Wieler, E., & Boram Lee, J. (2019). Poverty and Early Childhood Outcomes. *Pediatrics*, 143(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2018-3426>
- L.Harrison, J., & Montgomery, C. A. (2019). A spatial, simultaneous model of social capital and poverty. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 78, 83-192. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2018.09.001>
- Markowetz, F., Edler, L., & Vingron, M. (2003). Support Vector Machines for Protein Fold Class Prediction. *Biometrical Journal*, 45(3), 377-389.
- Mohamoud, Y., Kirby, R., & Ehrenthal, D. P. (2019). Poverty, urban-rural classification and term infant mortality: a population-based multilevel analysis. *BMC Pregnancy Childbirth*, 19(40), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12884-019-2190-1>
- Saidi, L., Fnaiech, F., & Ben Ali, J. (2015). Application of higher order spectral features and support vector machines for bearing faults classification. *ISA Transactions*, 54, 193-206.
- Sánchez, N. (2015). Máquinas de soporte vectorial y redes neuronales artificiales en la predicción del movimiento USD/COP spot intradiario. *ODEON*(9), 113-172.
- Sanogo, T. (2019). Does fiscal decentralization enhance citizens' access to public services and reduce poverty? Evidence from Côte d'Ivoire municipalities in a conflict setting. *World Development*, 113, 204-221. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.008>
- Suchacka, G., Skolimowska-Kulig, M., & Potempa, A. (2015). Classification Of E-Customer Sessions Based On Support Vector Machine. *ECMS*, 1-7.
- Wainer, J., & Cawley, G. (2017). Empirical Evaluation of Resampling Procedures for Optimising SVM Hyperparameters. *Journal of Machine Learning Research*, 18(15), 1-35.

Wen, Z., Li, B., Ramamohanarao, K., Chen, J., Chen, Y., & Zhang, R. (2017). Improving Efficiency of SVM k-Fold Cross-Validation by Alpha Seeding. *AAAI*, 2768-2774.



Propiedades psicométricas de la Escala de Autoeficacia Empresarial en universitarios de México

GONZÁLEZ-BETANZOS, FABIOLA

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México)

Correo electrónico: fbetanzos@umich.mx

QUIÑONEZ-TAPIA, FRANCISCO

Universidad de Guadalajara (México)

Correo electrónico: fcoqtapia@cucea.udg.mx

VARGAS-GARDUÑO, MARÍA DE LOURDES

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México)

Correo electrónico: mlvargas@umich.mx

RESUMEN

La investigación se centró en aportar evidencias de validez de constructo, convergente y de criterio, así como de fiabilidad para la Escala de autoeficacia empresarial (ESE) y analizar la equivalencia factorial por grupos participantes: sexo, rangos de edad, estadios de desarrollo, semestre y universidades. Participaron 1,525 estudiantes de dos universidades públicas mexicanas. Se aplicó la versión adaptada al español usando el procedimiento de traducción inversa, así como la escala de emprendimiento social (SEAS). La adaptación del ESE al español reproduce los seis factores propuestos por los autores originales en un modelo de segundo orden que muestra un buen ajuste ($\chi^2 = 2,367$, $p < 0.05$), $gl = 229$, $RMSEA = .08$, $SRMR = .04$, $CFI = .95$, $TLI = .94$, $AIC = 81,521$). Se encontró que la autoeficacia empresarial predice el 23.3% de la intención de emprendimiento y presenta una correlación moderada con la autoeficacia del SEAS ($r = 0.48$). En general se encontró invarianza configuracional y métrica en cada uno de los grupos analizados ($\Delta CFI > -.01$). El valor del coeficiente de omega McDonald fue de .94. La Escala de Autoeficacia Empresarial aplicada a los universitarios en contextos de pobreza en México es confiable, con evidencias de validez e invariante para los distintos grupos analizados.

Palabras clave: autoeficacia; emprendimiento; validez; universitarios; pobreza.

Clasificación JEL: L26.

MSC2010: 62H25.

Psychometric properties of the Entrepreneurial Self-Efficacy Scale in University Students in Mexico

ABSTRACT

The investigation focused on provide evidence of construct, convergent and criterion validity, as well as reliability for the Entrepreneurial Self-efficacy Scale (ESE) and analyze factor equivalence by participating groups: sex, age ranges, development stages, semester and universities. 1,525 students from two Mexican public universities participated. The version adapted to Spanish was applied using the reverse translation procedure, as well as the Social Entrepreneurship Scale (SEAS). The adaptation of the ESE to Spanish reproduces the six factors proposed by the original authors in a second order model that shows a good fit ($\chi^2 = 2.367$, $p < 0.05$), $gl = 229$, $RMSEA = .08$, $SRMR = .04$, $CFI = .95$, $TLI = .94$, $AIC = 81,521$). It was found that business self-efficacy predicts 23.3% of entrepreneurship intention and presents a moderate correlation with SEAS self-efficacy ($r = 0.48$). In general, configurational and metric invariance was found in each of the groups analyzed ($\Delta CFI > .01$). The omega McDonald coefficient value was .94. The Entrepreneurial Self-efficacy Scale applied to university students in contexts of poverty in Mexico is reliable, with evidence of validity and invariant for the different groups analyzed.

Keywords: self-efficacy; entrepreneurship; validity; university students; poverty.

JEL classification: L26.

MSC2010: 62H25.



1. Introducción

La autoeficacia empresarial se define como la confianza y las creencias que tiene un sujeto sobre sus capacidades para lograr con éxito tareas relacionadas con los procesos en las empresas (De Noble et al., 1999). Se fundamenta en la teoría de aprendizaje social (Bandura & Walters, 1977), de la que retoma el concepto de autoeficacia, definida como un proceso cognitivo que permite generar las creencias que tiene un sujeto acerca de sí mismo, a partir de las valoraciones que hace sobre sus capacidades para realizar una tarea específica y que inciden en la manera en que organiza y ejecuta sus acciones (Bandura, 1977, 1986).

Para evaluar la autoeficacia en el área empresarial De Noble et al. (1999) desarrollaron la Escala de Autoeficacia Empresarial (ESE), con emprendedores, a partir de una metodología Q (Block, 2008). Los análisis mostraron que las opiniones de los participantes se podían agrupar en alguno de los siguientes seis factores:

- 1) *Desarrollar nuevos productos u oportunidades de mercado*, que se refiere a las capacidades y habilidades para analizar el medio ambiente y reconocer las oportunidades que le permitan crear un producto o servicio para que sea la base de la creación de una empresa.
- 2) *Construir un entorno innovador*, que es la capacidad de influir en los demás para generar nuevas ideas, implementar acciones que nadie ha realizado y asumir el riesgo que conlleva lo nuevo.
- 3) *Iniciar relaciones con inversores*, se considera como la capacidad de construir y mantener redes sociales con inversionistas para la obtención de fondos que permitan capitalizar la empresa.
- 4) *Definir el objetivo central*, que describe la capacidad de definir la visión de la empresa que le permita identificar e integrar al personal e inversores estratégicos para la implementación y escalamiento de la organización.
- 5) *Afrontar los desafíos inesperados*, está relacionado con la capacidad para abordar los desafíos que plantea la incertidumbre y el mundo cambiante, así como manejar la frustración que genera la toma de decisiones equivocadas y los rechazos que surgirán durante el proceso de emprender.
- 6) *Desarrollar los recursos humanos clave*, aborda la capacidad de integrar y retener, en los distintos procesos y fases de la empresa, a recurso humano crítico y talentoso con las capacidades para desarrollar el proyecto empresarial.

De Noble et al. (1999) estudiaron las propiedades psicométricas de la Escala de Autoeficacia Empresarial (ESE) en 272 estudiantes universitarios. En el análisis dividieron la muestra: con la primera parte ($n = 115$) se realizó un análisis factorial exploratorio del cual obtuvieron 3 factores, con la segunda parte realizaron un análisis factorial confirmatorio con dos modelos. En este último caso, el modelo de tres factores no mostró un buen ajuste, mientras que los resultados del modelo teórico de seis factores señalan un ajuste aceptable en el indicador $RMSR = .05$, pero inadecuado para otros indicadores ($GFI = .82$ y $AGFI = .77$). Sin embargo, también se aprecia que los resultados aportan evidencia de criterio al mostrar que los factores tienen una buena correlación con medidas que predicen la intención de emprendimiento (De Noble et al., 1999).

La ESE fue adaptada en España por Moriano et al., (2006) con 1,376 estudiantes de licenciatura. La estructura interna se estudió por medio de análisis factorial exploratorio mediante componentes principales y rotación ortogonal. En comparación con la escala original, la escala adaptada se reduce a 19 ítems, se elimina el factor que corresponde a definir el objetivo central del negocio; los ítems se agrupan de forma distinta a la original y se crean nuevos factores. Además, el nivel de confiabilidad de las dimensiones fue no homogénea: en el caso del factor “Afrontar desafíos inesperados”, fue muy baja ($\alpha \leq 0.40$) y en las demás dimensiones la fiabilidad fue aceptable ($\alpha = 0.65-0.75$). Otros resultados importantes sugieren que la autoeficacia predice de manera positiva la intención de emprender en

hombres, y de manera negativa en personas que estudian humanidades, ciencias sociales, ciencias jurídicas, ciencias experimentales o sanitarias.

Recientemente, Díaz (2021) realizó un estudio de la escala con 221 estudiantes de posgrado en administración de empresas con alto nivel de manejo del inglés, a quienes se aplicó la escala original de 23 ítems; para el análisis de la estructura interna llevaron a cabo análisis factorial exploratorio y posteriormente un análisis factorial confirmatorio. Los resultados muestran un ajuste relativamente adecuado al modelo de seis dimensiones propuestos por De Noble et al. (1999) y niveles de fiabilidad buenos ($\alpha \leq 0.80$) en todas las dimensiones.

Evidencias recientes señalan la posibilidad de mejorar la identificación de los factores de la ESE, así como su calidad métrica (Díaz, 2021; Bernal-Guerrero & Cárdenas-Gutiérrez, 2017; Newman, et al., 2019), especialmente en la adaptación al español en contextos universitarios, en los que se requiere identificar los niveles de autoeficacia y la mejora en el aprendizaje de las competencias para el emprendimiento (Gámez-Gutiérrez & Garzón-Baquero, 2017).

La evaluación de la autoeficacia empresarial es primordial para estudiar su efecto sobre la concepción e identificación de nuevas oportunidades, la búsqueda de financiación, el crecimiento, y la persuasión para colaborar con la empresa (Kickul et al., 2009). Además, algunos autores han documentado que incide en la innovación de los productos y los procesos de mejora en las empresas (Ahlin et al., 2014); en la búsqueda de riesgo y la competitividad (Urban, 2012); y en el rendimiento en términos de rentabilidad percibida, ingresos y crecimiento (Cumberland et al., 2015; Hallak et al., 2014; Kazumi & Kawai, 2017; McGee & Peterson, 2017; Ngek, 2015; Travis & Freeman, 2017; Tsai et al., 2016).

Asimismo, la autoeficacia empresarial recupera aspectos de la personalidad que influyen en el desarrollo de la intención de emprendimiento (Izquierdo & Buelens, 2011; Lee & Kim, 2015; Mei et al., 2017; Schenkel et al., 2014; Shirokova, et al., 2015; Travis & Freeman, 2017); e impactan en la creación y escalabilidad de las empresas para detonar el desarrollo económico de las sociedades.

La autoeficacia empresarial se desarrolla y se potencia en los sujetos de acuerdo con su contexto: en el caso de quienes aún no son empresarios, a través de la cantidad y calidad de la educación empresarial (Abaho et al., 2015; Álvarez et al., 2015; Breslin, 2017; Karlsson & Moberg, 2013; Maritz & Brown, 2013; Nowinski et al., 2017), de las relaciones que establece con los otros (Bratković et al., 2012), y del apoyo que encuentra en la sociedad (Kazumi & Kawai, 2017); así como de la experiencia (Sardeshmukh & Corbett, 2008).

De esta manera, se ha demostrado que la autoeficacia empresarial se puede desarrollar en las personas, por lo que el conocimiento de las habilidades involucradas permitiría generar espacios de aprendizaje en las instituciones de educación superior. Por ende, es de suma importancia contar con instrumentos que permitan evaluar la autoeficacia empresarial en estudiantes que se están formando para ejercer una profesión y para evaluar aquellas acciones que las instituciones de educación superior llevan a cabo para generar, desarrollar y potenciar la autoeficacia empresarial, especialmente, en beneficio de la población en condición de pobreza.

En consecuencia, el objetivo del estudio es analizar las propiedades psicométricas de la Escala de Autoeficacia Empresarial adaptada al español (ESE-AE) con población universitaria en condición de pobreza en México, especialmente porque los planteamientos de De Noble et al. (1999) no se han probado en este tipo de contextos; para ello se estudia la estructura interna mediante análisis factorial confirmatorio. Se estudiará la invarianza o equivalencia para evaluar si la interpretación de las puntuaciones se puede generalizar sin importar el sexo, la edad, la institución de la que provienen y de los semestres cursados, con el fin de evitar sesgos en las comparaciones. Finalmente, se aportará evidencia de validez convergente con otra medida de autoeficacia y discriminante en relación con la intención de emprendimiento social.

2. Método

Participantes

Se eligieron dos espacios universitarios (Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) debido a que su población estudiantil presenta una dinámica de pobreza similar a la dinámica nacional: en México, el 67.1 millones (51.8%) de personas experimenta pobreza, el 57.3 % (47,495) de la población del norte de Jalisco (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL], 2015, 2018) y el 55.3% (2,708,600) de los habitantes del Estado de Michoacán (CONEVAL, 2016) vive con pobreza.

La muestra fue intencional y estuvo constituida por 1,525 participantes, de un rango de edad de 18 a 29 años ($X_{edad} = 21.07$; $DT = 2.68$). Las características demográficas en relación con el sexo, edad, estadios del desarrollo humano, institución de procedencia, semestre y áreas del conocimiento de acuerdo con la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2011) se presentan en la Tabla 5.

Instrumentos

1. Escala de Autoeficacia Empresarial (ESE, en inglés), de De Noble et al. (1999). La escala original consta de veintitrés reactivos que se distribuyen en seis factores de la siguiente forma: 1) Desarrollar productos u oportunidades de mercado -ítems: 3, 6, 8, 12, 16, 19, 20; 2) Construir un entorno innovador -ítems: 14, 18, 21 y 23; 3) Iniciar relaciones con inversores -Ítems: 2, 7 y 13; 4) Definir el objetivo central, -Ítems: 5, 10 y 17; 5) Afrontar los desafíos inesperados, -Ítems: 1, 11 y 15; y 6) Desarrollar los recursos humanos clave, -ítems: 4, 9 y 22. El instrumento presenta un formato de respuesta de escala tipo Likert de cinco puntos, donde los extremos son: 1 (completamente incapaz) y 5 (perfectamente capaz). El alpha de Cronbach de la escala original fue de .70
2. Escala de Emprendimiento Social (Hockerts, 2015; traducida al español [Quiñonez-Tapia, et al., 2020]) que se responden en formato Likert de cinco puntos, que van de 1 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo), Autoeficacia tiene 3 ítems ($\alpha = 0.75$), e Intención de Emprendimiento social que tiene 3 ítems ($\alpha = 0.45$).

Procedimiento

Dos investigadores realizaron la traducción de la Escala de Autoeficacia Empresarial (De Noble et al., 1999). La primera traducción se revisó en colaboración con otros dos investigadores: las dudas y diferencias se discutieron en grupo para afinar la escala en español. La equivalencia translingüística se logró con la traducción inversa (Eremenco et al., 2005; Van de Vijver & Tanzer, 1997), lo que permitió cotejar la inexistencia de discrepancias con la escala original. En seguida, se piloteó con quince estudiantes, quienes valoraron la comprensión de los reactivos: toda observación se registró y se discutió con los investigadores para obtener la versión final en español.

Para iniciar la aplicación, se solicitó el permiso de las autoridades universitarias. La muestra se abordó aprovechando espacios de sus clases, gracias a la autorización del personal docente. Los estudiantes fueron invitados al estudio; a quienes aceptaron, se les entregó el consentimiento informado y el instrumento; a quienes no aceptaron, se les solicitó salir del aula. La aplicación fue grupal autoadministrada. El tiempo promedio que se utilizó para contestar el instrumento fue de diez minutos.

Análisis de los datos

Para aportar *evidencia de constructo* se estudió la estructura interna mediante Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) con el método de *weighted least square mean and variance adjusted* (WLMSV) de los siguientes modelos: 1) El modelo de un solo factor, 2) El modelo de seis factores de segundo

orden (De Noble et al.,1999; Díaz, 2021). Para la evaluación del ajuste de los modelos se analizan los siguientes indicadores: Chi-cuadrado (χ^2) y su nivel de significancia, error cuadrático medio de aproximación (RMSEA), raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR), índice de bondad de ajuste comparativo (CFI), índice de Tucker-Lewis (TLI) y criterio de información de Akaike (AIC). Los valores de ajuste aceptable fueron: RMSEA $>.05$ (ó $.06$) en combinación SRMR $<.08$; TLI $< .95$ (ó $.96$) en combinación con SRMR $<.08$ y un valor de CFI $\geq .95$ (Hu & Bentler, 1999). El modelo con el menor valor de AIC se considera como el de mejor ajuste (Huang, 2017).

La confiabilidad de la Escala de Autoeficacia Empresarial traducida al español fue evaluada con el coeficiente de omega McDonald y se estableció un valor superior a $.70$ para aceptar como confiable (Campo-Arias & Oviedo, 2008; Viladrich et al., 2017).

Asimismo, para aportar evidencias que permitan identificar si el modelo factorial y la interpretación de las puntuaciones se puede generalizar por sexo, edad, estadios del desarrollo humano, universidad y semestres cursados, se analizó la invarianza configuracional, métrica y escalar del mejor modelo de la Escala de Autoeficacia Empresarial mediante la comparación de modelos del Análisis Factorial Multigrupo (Vandenberg & Lance, 2000). Para determinar la invarianza o equivalencia se estableció el cambio de CFI con un valor menor a $-.01$ ($\Delta CFI < -.01$) en la comparación entre el modelo restringido y el no-restringido (Cheung & Rensvold, 2002; Dimitrov, 2010). Para el análisis de los datos se utilizó el *software* Mplus 8.6. Para aportar evidencias de validez convergente y discriminante, se analiza la correlación con la variable de Autoeficacia medida por la ESE y se realizó una regresión lineal para la variable de intención de emprendimiento de esa misma escala.

Aspectos éticos

La investigación se apegó al Código Ético del Psicólogo (Sociedad Mexicana de Psicología, 2010) y al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en México de 2014: se clasificó sin riesgo. Los participantes aceptaron la inclusión al estudio de forma voluntaria y lo expresaron con el consentimiento oral informado, y se garantizó su confidencialidad. El comité de ética de la Universidad de Guadalajara aprobó la investigación.

3. Resultados

3.1. Análisis factorial confirmatorio

En la Tabla 1 se muestran los resultados del Análisis Factorial Confirmatorio para los modelos evaluados. Los valores de ajuste global de χ^2 son altos para los modelos. Por lo tanto, las matrices teórica y empírica no son homogéneas, lo que es común para muestras mayores a 200 casos, por lo que se recomienda recurrir a otros índices para valor el ajuste de los datos con los modelos propuestos (Hair et al.,1999). De esta manera, en la Tabla 1 se observa que los modelos evaluados tienen un ajuste aceptable de acuerdo con los índices de ajuste reportados. Sin embargo, los valores de AIC indican que el mejor modelo es el de segundo orden, que recupera la estructura teórica propuesta por De Noble et al. (1999).

Tabla 1. Índices de ajuste.

Modelos	WLSMV						MLR
	χ^2	<i>gl</i>	SRMR	CFI	TLI	RMSEA [90% CI]	AIC
Un solo factor	2,433*	230	.04	.95	.94	.08 [.08, .09]	81,571
Segundo orden: seis factores	2,367*	229	.04	.95	.94	.08 [.08, .09]	81,521

Nota: estimación de mínimos cuadrados ponderados con media y varianza ajustada (WLSMV), máxima verosimilitud robusto (MLR), Chi-cuadrado (χ^2), raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR), índice de bondad de ajuste comparativo (CFI), índice de Tucker-Lewis (TLI), error cuadrático medio de aproximación (RMSEA), y criterio de información de Akaike (AIC).

* $p < .05$

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se presentan los pesos factoriales de cada ítem en cada uno de los factores, además del cálculo de las dos medidas de fiabilidad. En términos generales los pesos factoriales son altos (entre 0.5 a 0.71), y muy altos para la relación entre los factores de primero al factor de segundo orden (> 0.96). La escala total tiene niveles de fiabilidad adecuados ($\alpha = .72$, $\omega = .94$); lo mismo ocurre con todas las subescalas, excepto la del Factor 5. Afrontar los desafíos inesperados tienen indicadores aceptables.

Tabla 2. Pesos factoriales de los ítems por dimensión y medidas de fiabilidad (alfa y omega).

Factores/Reactivos	Pesos Factoriales	Alfa de Cronbach	Omega
Factores de Primer Orden			
Factor 1. Desarrollar productos u oportunidades de mercado.	.98	.82	.85
3 de detectar nuevas oportunidades de mercado para nuevos productos y servicios.	.66		
6 de identificar nuevas vías para mejorar productos existentes.	.70		
8 de identificar nuevas áreas de crecimiento potencial.	.68		
12 de diseñar productos que resuelvan problemáticas que surjan de un momento a otro.	.61		
16 de crear productos que satisfagan las necesidades de los clientes insatisfechos.	.67		
19 de llevar al mercado productos nuevos en un tiempo oportuno.	.64		
20 de visualizar el futuro del negocio.	.70		
Factor 2. Construir un entorno innovador.	.96	.74	.75
14 de generar ambientes de trabajo que permitan al personal ser como sus propios jefes.	.67		
18 de generar ambientes de trabajo que estimulen a las personas a probar cosas nuevas.	.66		
21 de animar a la gente para tomar iniciativas y responsabilidades acerca de sus ideas y decisiones, sin importar los resultados.	.67		
23 de hacer equipo y formar alianzas con otras personas.	.62		
Factor 3. Iniciar relaciones con inversores.	.97	.66	.72
2 de desarrollar y mantener relaciones favorables con inversionistas potenciales.	.67		
7 de desarrollar relaciones con personas clave que están conectadas con recursos económicos.	.70		
13 de identificar recursos potenciales de financiación para inversión.	.67		
Factor 4. Definir el objetivo central.	.98	.63	.71
5 de articular la visión y los valores de una organización.	.67		
10 de inspirar a otros para que adopten la visión y valores de la compañía.	.64		
17 de formular un conjunto de acciones en busca de oportunidades.	.71		

Factor 5. Afrontar los desafíos inesperados.	.97	.60	.57
1 de trabajar en forma productiva bajo estrés continuo, presión y conflicto.	.50		
11 de aceptar cambios inesperados en las condiciones de una negociación.	.54		
15 de persistir frente a la adversidad.	.62		
Factor 6. Desarrollar los recursos humanos clave	.98	.68	.73
4 de reclutar y capacitar a empleados clave.	.69		
9 de desarrollar planes de contingencia para preparar al personal técnico clave.	.68		
22 de identificar y constituir equipos administrativos.	.70		
Factor de Segundo orden.			
Autoeficacia Empresarial		.73	.94

Nota: todos los ítems inician con la frase “Soy capaz de ...”

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3, se muestran los resultados de los índices de ajuste de la Escala de Autoeficacia con una estructura factorial de segundo orden para distintos grupos de comparación por separado. El modelo de segundo orden se ajusta para cada uno de los grupos que se comparan, en términos generales el ajuste es bueno en todos los grupos, lo que sugiere invarianza entre los grupos comparados; únicamente se observa una pérdida de ajuste en el grupo de personas que tienen entre 25 a 29 años.

Tabla 3. Índices de ajuste para el Modelo Factorial de Segundo orden de la Escala de Autoeficacia Empresarial por grupos separados (Usando el Estimador WLSMV).

Modelos	n	χ^2	gl	SRMR	CFI	TLI	RMSEA [90% CI]
Sexo							
Hombre	721	1,023	229	.05	.95	.94	.07 [.06, .07]
Mujer	804	1,761	229	.05	.94	.94	.09 [.09, .10]
Edad							
18 a 19	579	940	229	.05	.95	.94	.07 [.07, .08]
20 a 24	780	1,346	229	.05	.95	.94	.08 [.07, .08]
25 a 29	166	883	229	.09	.87	.86	.12 [.12, .014]
Estadios del Desarrollo							
Adolescentes	579	940	229	.05	.95	.94	.07 [.07, .08]
Adultos	946	1,860	229	.05	.94	.93	.09 [.08, .09]
Semestre							
1 a 4	812	1,255	229	.05	.95	.94	.07 [.07, .08]
5 a 9	713	1,442	229	.05	.94	.93	.08 [.08, .09]
Universidad							
UMSNH	1,299	2,077	229	.05	.94	.95	.08 [.07, .08]
UDG/Cunorte	226	513	229	.05	.96	.96	.07 [.06, .08]

Nota: Chi-cuadrado (χ^2), raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR), índice de bondad de ajuste comparativo (CFI), índice de Tucker-Lewis (TLI), error cuadrático medio de aproximación (RMSEA).

* $p < .05$

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Invarianza

En la Tabla 4 se observan los resultados de los análisis de invarianza del modelo de segundo orden con seis factores de la Escala de Autoeficacia Empresarial para distintos grupos. Los resultados indican que la Escala de Autoeficacia Empresarial es invariante para los participantes por grupos de sexo, edad, estadios del desarrollo humano, y semestres cursados, debido a que el cambio de CFI es igual o mayor a -.01. Asimismo, se aprecia que los análisis de invarianza por grupos de Universidad arrojaron invarianza configuracional y métrica. También, los análisis arrojaron falta de invarianza escalar en los factores de primer orden ($\Delta CFI < -.01$). Además, el análisis no convergió para la invarianza escalar en los factores de primer y segundo orden.

Tabla 4. Índices de ajuste para la Prueba de Medición de Invarianza del Modelo Factorial de Segundo orden de la Escala de Autoeficacia Empresarial (Usando el Estimador WLSMV).

Grupos/Invarianza	χ^2	gl	Diferencia ^a χ^2	CFI	ΔCFI^b	RMSEA
Sexo						
M0. Invarianza Configuracional	2666	459		.949		.08
M1. Invarianza Métrica de los factores de primer orden	2554	484	66*	.952	.003	.08
M2. Invarianza Métrica de los factores de primer y segundo orden	2466	489	5	.954	.002	.07
M3. Invarianza Escalar de los factores de primer orden	2398	544	102*	.957	.003	.07
M4. Invarianza Escalar de los factores de primer y segundo orden	2434	549	45*	.956	-.001	.07
Edad						
M0. Invarianza Configuracional	2715	798		.949		.07
M1. Invarianza Métrica de los factores de primer orden	2565	823	84*	.954	.005	.07
M2. Invarianza Métrica de los factores de primer y segundo orden	2459	833	55*	.957	.003	.06
M3. Invarianza Escalar de los factores de primer orden	2589	888	277*	.955	-.002	.06
M4. Invarianza Escalar de los factores de primer y segundo orden	2592	893	2	.955	.000	.06
Estadios del Desarrollo						
M0. Invarianza Configuracional	2610	459		.946		.08
M1. Invarianza Métrica de los factores de primer orden	2420	484	20	.952	.006	.07
M2. Invarianza Métrica de los factores de primer y segundo orden	2329	489	2	.954	.002	.07
M3. Invarianza Escalar de los factores de primer orden	2303	544	112*	.956	.002	.07
M4. Invarianza Escalar de los factores de primer y segundo orden	2295	549	5	.956	.000	.07
Semestres						
M0. Invarianza Configuracional	2682	459		.944		.08
M1. Invarianza Métrica de los factores de primer orden	2516	484	39*	.949	.005	.07
M2. Invarianza Métrica de los factores de primer y segundo orden	2414	489	2	.951	.002	.07
M3. Invarianza Escalar de los factores de primer orden	2359	544	107	.954	.003	.07
M4. Invarianza Escalar de los factores de primer y segundo orden	2367	549	19*	.954	.000	.07
Universidad						
M0. Invarianza Configuracional	2406	459		.946		.07
M1. Invarianza Métrica de los factores de primer orden	2084	507	181*	.956	.010	.06
M2. Invarianza Métrica de los factores de primer y segundo orden	1840	512	22*	.963	.007	.06
M3. Invarianza Escalar de los factores de primer orden	2359	573	589*	.951	-.012	.06
M4. Invarianza Escalar de los factores de primer y segundo orden						No se cumple el criterio de convergencia.

Nota: chi cuadrado (χ^2); grados de libertad (gl); índice de ajuste *comparativo* (CFI), cambio del índice de ajuste *comparativo* (Δ CFI).

^a Estimado mediante procedimiento DIFFTEST en Mplus.

^b Comparación de Modelos: M1-M0. M2-M3. M3-M2. M4-M3. Δ CFI < -.01 indica falta de invarianza y se resalta en gris

* $p < .01$ Un valor estadísticamente significativo es evidencia de falta de invarianza.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Validez convergente y predictiva

El análisis de validez de convergencia de la Escala de Autoeficacia Empresarial correlacionó positivamente ($r = .48, p < .01$) con la Escala de Intención de Emprendimiento Social. Por otra parte, Escala de Autoeficacia Empresaria predice el 23.3% de la varianza de la Intención de Emprendimiento Social ($F = 414; p < .01; R^2 = .233$).

Finalmente, obtuvimos las puntuaciones medias y la desviación estándar de las respuestas de los participantes a la Escala de Autoeficacia Empresarial, y las comparamos dentro de diferentes grupos de la muestra: sexo, grupos de edad, estadios del desarrollo, universidad, semestres, áreas del conocimiento y licenciatura. En la Tabla 5 se aprecia que dentro de los grupos de comparación, no existen diferencias entre hombres y mujeres; dentro de los grupos por edad, encontramos que, a menor edad, menor autoeficacia; con diferencias entre el grupo más joven en relación con el de 20 a 24 años ($d = .18$) y este último menor que el de 25 a 29 ($d = .18$); por Universidad, los participantes de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ($d = .59$); de los grupos por semestres cursados, los estudiantes de 5 a 9 semestre obtuvieron significativamente mayor puntuación ($d = .59$); por grupos de áreas no se encontró diferencias en las pruebas de comparación por pares; y por último, dentro de los grupos por licenciatura, las diferencias desaparecen en las comparaciones *post hoc*.

Tabla 5. Media, desviación estándar y ANOVA de las puntuaciones de los participantes a la Escala de Autoeficacia Empresarial por características sociodemográficas.

Variable	n	Media	DE	ANOVA		
				F (gl)	Sig.*	η^2
Sexo				2.28 (1.1524)	0.137	
Hombres	722	54.76	9.39			
Mujeres	803	54.01	10.33			
Edad (años)				13.37 (2.1523)	< 0.01	0.02
18 a 19	579	52.99	9.70			
20 a 24	780	54.78	9.93			
25 a 29	166	57.20	9.76			
Estadios del desarrollo humano ^a				14.26 (1.1524)	< 0.01	0.98
Adolescencia	579	68.65	11.73			
Edad Adulta	946	71.02	11.97			
Universidad				80.06 (1.1524)	< 0.01	0.95
Universidad de Guadalajara (Centro Universitario del Norte)	227	49.07	11.71			
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	1298	55.29	11.62			
Semestres				22.74 (1.1524)	< 0.01	0.98
1 a 4	812	53.19	11.61			
5 a 9	713	55.69	12.11			
Áreas del conocimiento				2.49 (4.1521)	0.04	0.99
Ciencias	118	52.92	8.87			
Ciencias Sociales, educación comercial y derecho	719	54.25	10.27			
Humanidades y artes	23	50.34	8.87			
Ingeniería, industria y construcción	230	55.56	9.43			
Salud y servicios sociales	435	54.52	9.90			

Áreas del conocimiento/Licenciatura		4.36 (16.1509)	< 0.01	0.95
Ciencias				
Biología	118	52.92	8.87	
Ciencias sociales, educación comercial y derecho				
Agronegocios	29	49.82	9.07	
Economía	50	54.16	8.44	
Contaduría Pública	150	53.2	9.94	
Administración	80	53.80	10.58	
Psicología	296	54.92	10.70	
Abogado	114	55.37	10.10	
Humanidades y artes				
Bellas Artes	23	50.34	8.87	
Ingeniería, industria y construcción				
Ingeniería en electrónica y computación	24	48.83	12.21	
Ingeniería en mecánica eléctrica	22	50.81	11.13	
Arquitectura	24	56.12	8.58	
Ingeniería química	86	55.23	9.38	
Ingeniería civil	74	59.38	5.84	
Salud y servicios sociales				
Nutrición	16	46.00	10.15	
Dentista	182	53.80	10.05	
Medicina	50	56.60	6.94	
Enfermería	187	55.38	9.76	

Nota: DE = Desviación estándar

^a La adolescencia abarca desde los 10 a los 19 años, y se ubica antes de la edad adulta (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2014)

* $p < .05$

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

El objetivo de la presente investigación fue analizar la estructura factorial de la Escala de autoeficacia empresarial adaptada al español (ESE-AE) y analizar la equivalencia factorial, su validez convergente y de criterio, así como su consistencia interna en estudiantes universitarios en contextos de pobreza tanto del norte de Jalisco como del estado de Michoacán, que presentan similitudes en la dinámica económica de otras regiones del país. Se analizaron y compararon dos modelos, el modelo general de una sola dimensión, así como el modelo teórico de seis factores. En primer lugar, se genera evidencia que confirma la estructura teórica de seis factores en la que aparece una dimensión de segundo orden, con índices de bondad de ajuste excelentes, similares a los índices de ajuste del estudio de Díaz (2021) en la que se aplicó la escala en inglés a estudiantes del posgrado en administración de negocios; y con mejores indicadores que en el estudio original (De Noble et al., 1999).

Es importante señalar que esta adaptación se realizó con estricto apego al método de traducción inversa, donde se tomó como fuente principal la escala desarrollada por De Noble et al., (1999), y se atendió al significado y contenido de los ítems originales en la adaptación cultural, considerando al mismo tiempo los conceptos que se utilizan en el área de emprendimiento. A diferencia de la adaptación al español del estudio de Moriano et al, (2014), en el presente estudio no se elimina ningún ítem y se reproducen las dimensiones teóricas con la configuración que surge de la matriz Q construida con las habilidades que los emprendedores identificaron que les ayudaron a iniciar y a desarrollar su compañía.

El presente estudio también aporta evidencia de validez en relación con la equivalencia entre las puntuaciones que nos permite justificar las comparaciones por sexo, los grupos de edad evaluados, las universidades y los semestres cursados, lo que nos permitió identificar que no existen diferencias entre hombres y mujeres en la autoeficacia empresarial, pero sí se obtuvo mayor autoeficacia en estudiantes con más edad; lo que a su vez coincide con los que están en semestres más avanzados.

La ESE-AE mostró una correlación moderada con la Escala de intención de emprendimiento social, lo que aporta evidencias de validez concurrente; al mismo tiempo se demuestra que la autoeficacia predice en alguna medida la intención de emprendimiento social como se demuestra en diversos estudios (Kruse et al., 2020; Zaremohzzabieh et al., 2019).

Los factores obtenidos presentan fiabilidades relativamente homogéneas y, en general, adecuadas en el análisis de consistencia interna medida por el alfa de Cronbach y el Coeficiente Omega, sin embargo, el coeficiente omega muestra valores poco adecuados en el factor “Afrontar los desafíos inesperados” por lo que se recomienda tener cuidado en la interpretación de los resultados en dicha subescala.

Finalmente, podemos considerar que la ESE-AE es un instrumento que permite identificar a los sujetos con autoeficacia empresarial (ver Anexo) para, de esta manera, conformar grupos de trabajo que en conjunto con el gobierno, instituciones y organizaciones de la sociedad civil generen emprendimientos con el objetivo de detonar el desarrollo nacional, a partir del desarrollo regional, y los índices de pobreza disminuyan en México como es el caso del norte de Jalisco y el estado de Michoacán.

Estos resultados también indican que la autoeficacia empresarial es un constructo de fundamental importancia para iniciar cualquier proyecto empresarial, que permita la activación de la economía local, regional, nacional e internacional. Además, resulta esencial, para el desarrollo y la escalabilidad de los proyectos empresariales existentes. Por lo tanto, se recomienda incluir la evaluación con esta escala en programas educativos y sociales para generar propuestas de fortalecimiento y de percepción de autoeficacia empresarial, en los futuros profesionistas que les permitan desarrollar alternativas de solución a los problemas de pobreza, para apoyarlos en el diseño y aplicación de proyectos de emprendimiento; así como para promover programas que permitan desarrollar estas habilidades.

El estudio tiene su fortaleza en el diseño, tamaño de muestra, procedimiento y tipo de análisis de los datos. Sin embargo, sería interesante conocer el comportamiento de la escala cuando se aplica a la población en diferentes contextos, hacer estudios predictivos a partir de la formación en emprendimiento.

En conclusión, este estudio aporta evidencias de un alto nivel de confiabilidad y de validez de constructo de la Escala de Autoeficacia Empresarial en los universitarios.

Referencias

- Abaho, E., Olomi, D.R., & Urassa, G.C. (2015). Students' entrepreneurial self-efficacy: does the teaching method matter? *Education and Training*, 57(8-9), 908-923. <https://doi:10.1108/ET-02-2014-0008>
- Ahlin, B., Drnovšek, M., & Hisrich, R.D. (2014). Entrepreneurs' creativity and firm innovation: The moderating role of entrepreneurial self-efficacy. *Small Business Economics*, 43(1), 101-117. <https://doi.org/10.1007/s11187-013-9531-7>
- Álvarez, R.D., De Noble, A.F., & Jung, D. (2015). Educational Curricula and Self-Efficacy: Entrepreneurial Orientation and New Venture Intentions among University Students in Mexico. *International Research in the Business Disciplines*, 379-403: Emerald (MCB UP). https://www.researchgate.net/publication/241701372_Educational_Curricula_and_Self-Efficacy_Entrepreneurial_Orientation_and_New_Venture_Intentions_among_University_Students_in_Mexico
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.84.2.191>

- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Bandura, A., & Walters, R. H. (1977). *Social learning theory (Vol. 1)*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Bernal-Guerrero, A., & Cárdenas-Gutiérrez, A. R. (2017). Evaluación del potencial emprendedor en escolares. Una investigación longitudinal. *Educación XXI*, 20(2), 73-94. <https://doi.org/10.5944/educxx1.19032>
- Block, J. (2008). *The Q-sort in character appraisal: Encoding subjective impressions of persons quantitatively*. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/11748-000>
- Bratkovič, T., Antončič, B., & de Noble, A.F. (2012). Relationships between networking, entrepreneurial self-efficacy and firm growth: The case of Slovenian companies. *Ekonomski Istrazivanja*, 25(1), 61-71. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2012.11517494>
- Breslin, D. (2017). Learning to Evolve: Increasing Entrepreneurial Self-Efficacy and Putting the Market First. *Entrepreneurship Education*, 7, 17-45. <https://doi.org/10.1108/S2040-724620170000007007>
- Campo-Arias, A., & Oviedo, H. C. (2008). Propiedades Psicométricas de una Escala: la Consistencia Interna. *Revista de Salud Pública*, 10(5), 831-839. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42210515>
- Cheung, G.W., & Rensvold, R.B. (2002). Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9(2), 233-255. https://doi.org/10.1207/s15328007sem0902_5
- Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social (2018). *Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2008-2018, Base de Datos*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE_pobreza_2018.aspx
- Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social (2015). *Medición de la pobreza municipal, Estados Unidos Mexicanos, 2010-2015 (Base de Datos)*. [Municipal poverty measurement, United Mexican States, 2010-2015 (Database)]. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/AE_pobreza_municipal.aspx
- Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social (2016). *Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2010-2015 (Base de Datos)*. [Poverty measurement, United Mexican States, 2008-2016 (Database)]. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE_pobreza_2018.aspx
- Cumberland, D.M., Meek, W.R., & Germain, R. (2015). Entrepreneurial self-efficacy and firm performance in challenging environments: Evidence from the franchise context. *Journal of Developmental Entrepreneurship*, 20(1), 1-19. <https://doi.org/10.1142/S1084946715500041>
- De Noble, A. F., Jung, D., & Ehrlich, S.B. (1999). Entrepreneurial Self-Efficacy: The Development of a Measure and Its Relationship to Entrepreneurial Action. In *Frontiers for Entrepreneurship Research* (pp. 73-78). Waltham, MA: P&R Publication Inc.
- Díaz, E.R. (2021). Evidence of Validity and Reliability of the Entrepreneurial Self-Efficacy Scale. *Latin American Business Review*, 23(2) 1-14. <https://doi.org/10.1080/10978526.2021.1911663>

- Dimitrov, D.M. (2010). Testing for factorial invariance in the context of construct validation. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 43(2), 121-149. <https://doi.org/10.1177/0748175610373459>
- Eremenco, S.L., Cella, D., & Arnold, B.J. (2005). A comprehensive method for the translation and cross-cultural validation of health status questionnaires. *Evaluation & the Health Professions*, 28(2), 212-232. <https://doi.org/10.1177/0163278705275342>
- Gámez-Gutiérrez, J., & Garzón-Baquero, J. E. (2017). New cross-proposal entrepreneurship and innovation in educational programs in third level (tertiary) education. *Contaduría y Administración*, 62(1), 239-261. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2016.10.005>
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. (1999). *Análisis multivariante*. Prentice Hall.
- Hallak, R., Assaker, G., & O'Connor, P. (2014). Are family and nonfamily tourism businesses different? An examination of the entrepreneurial self-efficacy-entrepreneurial performance relationship. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 38(3), 388-413. <https://doi.org/10.1177/1096348012461545>
- Hockerts, K. (2015). The Social Entrepreneurial Antecedents Scale (SEAS): a validation study. *Social Enterprise Journal*, 11(3), 260-280. <https://doi.org/10.1108/sej-05-2014-0026>
- Hu, L.T., & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Huang, P.-H. (2017). Asymptotics of AIC, BIC, and RMSEA for Model Selection in Structural Equation Modeling. *Psychometrika*, 82(2), 407-426. <https://doi.org/10.1007/s11336-017-9572-y>
- Izquierdo, E., & Buelens, M. (2011). Competing models of entrepreneurial intentions: The influence of entrepreneurial self-efficacy and attitudes. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 13(1), 75-91. <https://doi.org/10.1504/IJESB.2011.040417>
- Karlsson, T., & Moberg, K. (2013). Improving perceived entrepreneurial abilities through education: Exploratory testing of an entrepreneurial self-efficacy scale in a pre-post setting. *International Journal of Management Education*, 11(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2012.10.001>
- Kazumi, T., & Kawai, N. (2017). Institutional support and women's entrepreneurial self-efficacy. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 11(3), 345-365. <https://doi.org/10.1108/apjie-12-2017-041>
- Kickul, J., Gundry, L.K., Barbosa, S.D., & Whitcanack, L. (2009). Intuition versus analysis? Testing differential models of cognitive style on entrepreneurial self-efficacy and the new venture creation process. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 33(2), 439-453. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2009.00298.x>
- Kruse, P., Wach, D., & Wegge, J. (2020). What motivates social entrepreneurs? A meta-analysis on predictors of the intention to found a social enterprise. *Journal of Small Business Management*, 59(2), 1-32. <https://doi.org/10.1080/00472778.2020.1844493>
- Lee, W.J., & Kim, J.S. (2015). Assessing the impact of entrepreneurship education quality: Entrepreneurial self-efficacy and intention. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 21(3), 14-28. <https://scholarworks.bwise.kr/cau/handle/2019.sw.cau/11300>

- Maritz, A., & Brown, C. (2013). Enhancing entrepreneurial self-efficacy through vocational entrepreneurship education programmes. *Journal of Vocational Education and Training*, 65(4), 543-559. <https://doi.org/10.1080/13636820.2013.853685>
- McGee, J.E., & Peterson, M. (2017). The Long-Term Impact of Entrepreneurial Self-Efficacy and Entrepreneurial Orientation on Venture Performance. *Journal of Small Business Management*, 59(3), 720-737. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12324>
- Mei, H., Ma, Z.C., Jiao, S.W., Chen, X.Y., Lv, X.Y., & Zhan, Z.H. (2017). The Sustainable Personality in Entrepreneurship: The Relationship between Big Six Personality, Entrepreneurial Self-Efficacy, and Entrepreneurial Intention in the Chinese Context. *Sustainability*, 9(9), 1-23. <https://doi.org/10.3390/su9091649>
- Moriano, J.A., Palací, F.J., & Morales, J.F. (2006). Adaptation and validation of entrepreneurial self-efficacy scale in Spain. *Revista de Psicología Social*, 21(1), 51-64. <https://doi.org/10.1174/021347406775322223>
- Newman, A., Obschonka, M., Schwarz, S., Cohen, M., & Nielsen, I. (2019). Entrepreneurial self-efficacy: A systematic review of the literature on its theoretical foundations, measurement, antecedents, and outcomes, and an agenda for future research. *Journal of Vocational Behavior*, 110(Part B), 403-419. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2018.05.012>
- Ngek, N. B. (2015). Entrepreneurial self-efficacy and small business performance: The mediating effect of entrepreneurial mindset and openness to experience. *Problems and Perspectives in Management*, 13(4), 271-280. https://www.businessperspectives.org/images/pdf/applications/publishing/templates/article/assets/7130/PPM_2015_04cont_Ngek.pdf
- Nowinski, W., Haddoud, M.Y., Lancaric, D., Egerová, D., & Czeglédi, C. (2017). The impact of entrepreneurship education, entrepreneurial self-efficacy and gender on entrepreneurial intentions of university students in the Visegrad countries. *Studies in Higher Education*, 44(2), 1-19. <https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1365359>
- Organización Mundial de la Salud (2014). *Salud para los adolescentes del mundo: Una segunda oportunidad en la segunda década*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/141455>
- Quiñonez-Tapia, F., González-Betanzos, F., Vargas-Garduño, M. L., & Aguirre Lozano, Z. E. (2020). Validation of the Social Entrepreneurial Antecedents Scale in University Students in Mexico. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 8(1), 1-18. <https://doi.org/10.37335/ijek.v8i2.97>
- Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en México (2014). DOF 02-04-2014, Cong. § 2 Capítulo 1. http://sitios.dif.gob.mx/normateca/wp-content/Archivos/Normateca/DispGrales/ReglamentoLeyGeneralSalud_MateriaInvestigacion_Ago2014.pdf
- Sardeshmukh, S.R., & Corbett, A. C. (2008). Strategic renewal in family firms: role of successor's work experience and entrepreneurial self-efficacy. *Academy of Management*. <https://journals.aom.org/doi/10.5465/ambpp.2008.33664442>
- Schenkel, M.T., D'Souza, R.R., & Braun, F.C. (2014). Entrepreneurial self-efficacy, intent and intensity: Does experiential training enhance or inhibit predisposition? *Journal of Developmental Entrepreneurship*, 19(1), 1450005. <https://doi.org/10.1142/S1084946714500058>

- Shirokova, G., Tsukanova, T., & Bogatyreva, K. (2015). University Environment and Student Entrepreneurship: The Role of Business Experience and Entrepreneurial Self-Efficacy. *Voprosy Obrazovaniya-Educational Studies*, 3, 171-207. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2015-3-171-207>
- Sociedad Mexicana de Psicología (2010). *Código ético del psicólogo* (4ª. ed.). Trillas.
- Travis, J., & Freeman, E. (2017). Predicting entrepreneurial intentions: Incremental validity of proactive personality and entrepreneurial Self-Efficacy as a moderator. *Journal of Entrepreneurship Education*, 20(1), 45-57. <https://www.abacademies.org/articles/predicting-entrepreneurial-intentions-incremental-validity-of-proactive-personality-and-entrepreneurial-selfefficacy-as-a-moderato-6572.html>
- Tsai, K.H., Chang, H.C., & Peng, C.Y. (2016). Extending the link between entrepreneurial self-efficacy and intention: a moderated mediation model. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 12(2), 445-463. <https://doi.org/10.1007/s11365-014-0351-2>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2011). *International Standard Classification of Education ISCED 2011*. <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/international-standard-classification-of-education-isced-2011-en.pdf>
- Urban, B. (2012). Tracking the venture creation phases in terms of entrepreneurial self-efficacy: links to competitiveness of South African ventures. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 15(4), 352-366. <https://doi.org/10.4102/sajems.v15i4.251>
- Van de Vijver, F.J.R., & Tanzer, N.K. (1997). Bias and equivalence in crosscultural assessment: An overview. *European Review of Applied Psychology*, 47(4), 263-280. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2003.12.004>
- Vandenberg, R. J., & Lance, C.E. (2000). A review and synthesis of the measurement invariance literature: suggestions, practices, and recommendations for organizational research. *Organizational Research Methods*, 3(1), 4-70. <https://doi.org/10.1177/109442810031002>
- Viladrich, C., Angulo-Brunet, A., & Doval, E. (2017). Un viaje alrededor de alfa y omega para estimar la fiabilidad de consistencia interna. *Anales de Psicología*, 33(3), 755. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.268401>
- Zaremohzzabieh, Z., Ahrari, S., Krauss, S.E., Samah, A.A., Meng, L.K., & Ariffin, Z. (2019). Predicting social entrepreneurial intention: A meta-analytic path analysis based on the theory of planned behavior. *Journal of Business Research*, 96, 264-276. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.11.030>

Anexo

Escala de Autoeficacia Empresarial

INSTRUCCIÓN. Imagine que Usted tiene su propia empresa, ¿en qué grado estaría de acuerdo con las siguientes afirmaciones?

Lea cada uno de los enunciados e identifique (con una X) qué tanto cada uno de ellos lo describe, utilizando la siguiente escala de respuesta:

	1	2	3	4	5
	Completamente incapaz	Algo incapaz	Capaz	Muy capaz	Perfectamente capaz

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1 | Soy capaz de trabajar en forma productiva bajo estrés continuo, presión y conflicto. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 2 | Soy capaz de desarrollar y mantener relaciones favorables con inversionistas potenciales. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 3 | Soy capaz de detectar nuevas oportunidades de mercado para nuevos productos y servicios. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 4 | Soy capaz de reclutar y capacitar a empleados clave. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 5 | Soy capaz de articular la visión y los valores de una organización. ---- | 1 2 3 4 5 |
| 6 | Soy capaz de identificar nuevas vías para mejorar productos existentes. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 7 | Soy capaz de desarrollar relaciones con personas clave que están conectadas con recursos económicos. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 8 | Soy capaz de identificar nuevas áreas de crecimiento potencial. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 9 | Soy capaz de desarrollar planes de contingencia para preparar al personal técnico clave. ----- | 1 2 3 4 5 |
| 10 | Soy capaz de inspirar a otros para que adopten la visión y valores de la compañía. ----- | 1 2 3 4 5 |

	1	2	3	4	5
	Completamente incapaz	Algo incapaz	Capaz	Muy capaz	Perfectamente capaz

11	Soy capaz de aceptar cambios inesperados en las condiciones de una negociación. -----	1	2	3	4	5
12	Soy capaz de diseñar productos que resuelvan problemáticas que surjan de un momento a otro. -----	1	2	3	4	5
13	Soy capaz de identificar recursos potenciales de financiación para inversión. -----	1	2	3	4	5
14	Soy capaz de generar ambientes de trabajo que permitan al personal ser como sus propios jefes. -----	1	2	3	4	5
15	Soy capaz de persistir frente a la adversidad. -----	1	2	3	4	5
16	Soy capaz de crear productos que satisfagan las necesidades de los clientes insatisfechos. -----	1	2	3	4	5
17	Soy capaz de formular un conjunto de acciones en busca de oportunidades. -----	1	2	3	4	5
18	Soy capaz de generar ambientes de trabajo que estimulen a las personas a probar cosas nuevas. -----	1	2	3	4	5
19	Soy capaz de llevar al mercado productos nuevos en un tiempo oportuno. -----	1	2	3	4	5
20	Soy capaz de visualizar el futuro del negocio. -----	1	2	3	4	5
21	Soy capaz de animar a la gente para tomar iniciativas y responsabilidades acerca de sus ideas y decisiones, sin importar los resultados. -----	1	2	3	4	5
22	Soy capaz de identificar y constituir equipos administrativos. -----	1	2	3	4	5
23	Soy capaz de hacer equipo y formar alianzas con otras personas. -----	1	2	3	4	5

Los clústeres como alternativa estratégica para la competitividad de las pymes: caso industria cuero y calzado en Perú

BENITES GUTIÉRREZ, LUIS ALBERTO

Universidad Nacional de Trujillo (Perú)*

Correo electrónico: lbenitesg@gmail.com

MATHEU PÉREZ, ALEXIS

Universidad Bernardo O'Higgins (Chile)**

Correo electrónico: alexis.matheu@ubo.cl

ESPINOZA MOSQUEDA, RAFAEL

Universidad de Guanajuato (México)

Correo electrónico: r.espinosa@ugto.mx

RUFF ESCOBAR, CLAUDIO**

Correo electrónico: cruff@ubo.cl

INCA ALAYO, MARTIN

Universidad Nacional de Trujillo (Perú)

RUIZ TOLEDO, MARCELO**

Correo electrónico: mruiz@ubo.cl

CORTÉS CANCINO, ROBERTO**

Correo electrónico: roberto.cortes.cancino92@gmail.com

RESUMEN

Un Clúster Industrial constituye una estrategia para desarrollar políticas industriales de mejora de la competitividad, especialmente para la pequeña y mediana empresa (PYMES). El objetivo de la investigación fue realizar el diagnóstico de la cadena de suministro en el clúster de curtiembre, cuero y calzado en la provincia de Trujillo (Perú), considerando su estrategia en torno a 14 temáticas de análisis sobre el funcionamiento de cada empresa. A través de los métodos estadísticos multivariantes, se analizó el rubro del calzado y curtiembre a partir de una muestra de diez pymes del sector manufactura. El procesamiento de los datos se realizó mediante las correlaciones de Pearson y el coeficiente de correlación de Kendall. Se observó que las variables organizacionales con más impacto en la rentabilidad del clúster son la capacidad de innovación, liderazgo y la cultura emprendedora. Asimismo, los factores que favorecen el desarrollo del clúster cuero-calzado son la calidad y la confianza para el intercambio de información y la viabilidad de constituir el clúster. Para finalizar, los resultados del análisis estadístico multivariable arrojaron que, para el desarrollo de un modelo de cluster en el negocio del cuero y el calzado, es necesario fomentar y apoyar la cooperación entre las instituciones, sus finanzas, la confianza de los trabajadores en los procesos productivos y vincular los recursos tecnológicos con los procesos administrativos y de operaciones.

Palabras clave: cluster cuero calzado; pymes manufactura; análisis estadístico multivariable.

Clasificación JEL: L67, C02.

MSC2010: 91B02.

Clusters as a strategic alternative for the competitiveness of SMEs: case of the Leather and Footwear industry in Peru

ABSTRACT

An Industrial Cluster constitutes a strategic unit to develop industrial policies to improve sustainable competitiveness, especially for small and medium-sized enterprises (SMEs). The objective of the research was to carry out the diagnosis of the supply chain in the tannery cluster, leather, and footwear the province of Trujillo (Peru), considering its strategy around 14 themes for analysis. The method used was the “Case Study”, with a sample of ten SMEs from the most representative manufacturing sector. At the same time, the data processing was analyzed through Pearson's correlations and Kendall's correlation coefficient. The result of the analysis shows that the organizational variables with the greatest impact on the profitability of the Cluster is the capacity for innovation and an entrepreneurial culture. Likewise, considering the fundamental factors that favor the development of the leather-footwear Cluster, they are quality and trust for the exchange of information and the viability of constituting the Cluster, according to the affirmation of the respondents, who are Managers of 8 producing companies, 1 design producer and only one company as a supplier of inputs. In third place, the results of the multivariate statistical analysis show that, in regard to the development of the business Cluster model in leather-footwear, it is necessary to encourage the cooperation between the Institutions and finances, the confidence of the workers in the production processes and the technological resources with the administrative processes and of operations.

Keywords: cluster leather footwear; manufacturing SMEs; multivariate statistical analysis.

JEL classification: L67, C02.

MSC2010: 91B02.



1. Introducción

El siglo XXI se encuentra caracterizado fundamentalmente por una intensificación de la globalización económica en los factores de producción, y la aceleración en los cambios tecnológicos, basados en el conocimiento y la creación de valor. Asimismo, la riqueza de las empresas se explica por la gestión de sus activos intangibles (capital intelectual, capital estructural y relacional).

En un contexto de intensificación globalización económica, donde los países emergentes han debido integrarse a mercados mundiales cada vez más competitivos, las pequeñas y medianas empresas (PYMES), encuentran un escenario más complejo para mantener su competitividad sostenible. En efecto, las PYMES han debido invertir en innovación y calidad de sus productos y servicios, a fin de mantener una condición competitiva respecto a la industria extensiva y a gran escala.

Dicho lo anterior, en el presente artículo es una investigación aplicada, en la que se desarrolló un análisis breve de la teoría de creación de cluster como alternativa estratégica en las PYME del Perú. Nuestro objetivo de investigación es analizar sobre las posibles estrategias para mejorar la competitividad del rubro del cuero en el Perú y, así, aportar en la solución de la problemática a través de la creación de cluster e indicadores estratégicos.

A modo de propuesta de investigación, consideramos que las estrategias para buscar la cooperación entre los distintos actores, es fundamental para aumentar la competitividad del rubro. De tal manera que, para realizar esta investigación aplicada con enfoque cuantitativo, se propuso una estrategia de medición de las PYMEs (nuestra unidad de análisis). Así, se seleccionó como muestra 10 empresas de la industria de cuero y calzado ubicadas en la región La Libertad, en específico en la ciudad de Trujillo (Perú). Como criterio de inclusión se recurrió a las PYMES con menos de 50 trabajadores.

El muestreo fue de carácter no probabilístico y como técnica de recolección de datos se realizó a través de encuestas, utilizando un cuestionario estructurado a los gerentes o dueños de estas PYMES.

La validación y confiabilidad de este instrumento de recolección de datos fue revisada por la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo, además se utilizaron las variables vinculadas a la competitividad como base para los análisis de datos y procesamiento de la información depositada en las encuestas.

A modo de marco metodológico, esta investigación se enmarca dentro de los estudios cuantitativos de carácter estadísticos. Los pasos metodológicos de la investigación fueron tres. En primer lugar, se conceptualizó y definió el problema de investigación a partir de la revisión de literatura. En segundo lugar, se aplicó un cuestionario estructurado a los Gerentes y la validación de las respuestas fue realizada por la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo. En tercer lugar, se tabularon los datos para su posterior análisis a través de los software SPSS para luego concluir con las principales reflexiones de este artículo.

A modo de justificación, este artículo busco entregar nuevos antecedentes sobre la problemática realidad económica que viven las PYME en Perú y, por dicha razón, busca argumentar a favor de la creación de clusteres para aumentar el potencial competitivo e innovativo de las industrias del cuero y el calzado.

Para contextualizar nuestra investigación se realizó una breve descripción de la historia económica contemporánea de Perú, junto repaso a las definiciones que ayuden a comprender el concepto de cluster a través de una breve revisión de la literatura de las revistas científicas respecto a factores críticos de éxitos para el desarrollo de los clusteres. Asimismo, se examinaron modelos teóricos para optimizar la construcción del cluster, con el fin de proponer estrategias competitivas y de innovación. Para finalizar, se hizo un análisis de la factibilidad en crear cluster en el sector de cuero y calzado en la provincia de Trujillo.

2. Breve descripción histórica de la economía regional de América Latina y el caso de Perú

El lugar que América Latina ha poseído en el despliegue de la moderna economía capitalista, en sus diferentes fases, ha sido objeto de un intenso debate académico por parte de las distintas escuelas económicas y de las ciencias sociales de la región. La polarización en que ha devenido la disputa de las distintas visiones económicas, ha hecho que la económica política de los países latinoamericanos, en su historia, haya oscilado desde perspectivas desarrollistas fuertemente ancladas en el Estado, a perspectivas liberales y monetaristas cuyo horizonte sea ampliar la competitividad de las economías regionales (Ffrench-Davis, 2005).

En efecto, el devenir histórico de la economía política de los países de la región, ha estado marcado por fuertes quiebres institucionales que han caracterizados la historia contemporánea de la región por sus discontinuidades y fracturas que, para ciertas perspectivas, han influido en agudizar los niveles de desigualdad que poseen ciertas economías nacionales, las que en su historia han fluctuado de forma acelerada, e incluso de forma violenta, de un paradigma económico a otro.

Como lo han planteado ciertas corrientes de la historiografía económica, tras las revoluciones atlánticas de principios del siglo XIX, que finalizaron en la independencia de la metrópolis por parte de las colonias americanas y la creación de los Estados nacionales, la economía regional de América Latina, hasta nuestro periodo actual, ha transitado por tres contextos históricos: el periodo exportador y liberal, la industrialización dirigida por el Estado y el actual régimen de neoliberalización económica (Ocampo, 2004).

Durante el siglo XIX, las emergentes repúblicas se integraron a la economía mundo, a través de la adopción de la economía política liberal por parte de las élites locales, lo que tuvo el efecto de continuar y expandir el modelo exportador heredado del periodo colonial-mercantilista. Así, la herencia histórica del periodo colonial definió que la economía política liberal de los países latinoamericanos durante el siglo XIX estuviera caracterizada por la hegemonía de ciudades mercantiles, en las que se encontraban las principales instituciones comerciales y financieras de la región, respecto de las provincias del interior de los países: las que continuaron realizando actividades económicas tradicionales y de baja modernización (Casanova, 2006). Otra de las formas de integración de Latinoamérica a la economía mundial, durante el siglo XIX, fue a través de las denominadas economías de enclave relacionadas al capital proveniente principalmente de Estados Unidos.

La matriz de funcionamiento económico regional caracterizado por el liberalismo decimonónico, mantuvo una curva ascendente en el crecimiento productivo de la región, hasta la crisis comercial que desencadenó la Primera Guerra Mundial en el Atlántico y la posterior caída bursátil de 1929 (Parodi, 2007). Producto de la Primera Guerra Mundial y el posterior derrumbe del liberalismo económico, durante el periodo de entreguerras, la economía regional de América Latina reconfiguró su matriz exportadora, mediante un modelo de desarrollo económico basado en una industrialización dirigida por los Estados: el denominado Modelo de Sustitución de Importaciones (ISI), que tuvo como sus principales ideólogos al economista Argentino Raúl Predich (Coatsworth, 2006).

Si bien las evaluaciones a dicho modelo ISI son contrapuestas y generan un intenso debate en cada país de la región, se reconoce con claridad que Perú fue una de las economías latinoamericanas que tuvo un mayor desarrollo proteccionista durante el decenio de los sesenta, en contra de las tendencias regionales del periodo, las que tendieron a liberalizar sus mercados financieros (Ocampo, 2004). En contraposición a la tendencia de liberalización de la economía interna de los países, durante la década de los 1970-1980, la política peruana mantuvo una fuerte inclinación hacia políticas populistas que medraron la entrada de capitales financieros (Halperin, 2000). Asimismo, el sector empresarial peruano continuó manteniendo relaciones clientelistas con el Estado, lo que tuvo el efecto de fomentar el marasmo e inercia por parte de ciertos gremios empresariales, fuertemente anclados en rubros tradicionales de la economía, que nacieron bajo el alero del Modelo de Sustitución de Importaciones (Cotler, 2000).

La fuerte tendencia hacia el proteccionismo y las reminiscencias del modelo de industrialización dirigido por el Estado, hizo que la economía peruana tuviera una apertura “tardía” al nuevo ciclo expansionista de la economía neoliberal, en comparación a otros países de la región.

Producto del fuerte influjo proteccionista que tuvieron los gobiernos militares, la primera liberalización financiera que tuvo el país entre los años 1980-1982, a cargo del primer ministro del gobierno Manuel Ulloa, tuvo efectos desastrosos para la economía, producto tanto de la mantención de una industria estatal poco competitiva y el sobreendeudamiento en que incurrieron los gobiernos militares durante la década de los 1970-1980 (en su afán por generar una política armamentista exitosa) (Halperin, 2000). De esta manera, dicha experiencia marco el devenir posterior de la economía política del país, la cual oscilo entre la propuesta estatista moderada encarnada por Alan García (1985-1990), a un liberalismo radical, encarnado por la candidatura de Vargas Llosa y posterior gobierno de Alberto Fujimori.

Respecto a lo anterior, se ha planteado que los gremios empresariales peruanos, posterior a las modernizaciones económicas llevadas a cabo durante la década de los 1990-2000, han tenido visiones ambivalentes sobre el rol que ha cumplido la política económica del Estado peruano, respecto a la profundización financiera y productiva del país. Esto porque ciertos sectores empresariales mantuvieron algunos resabios de las políticas proteccionistas instauradas por regimenes populistas durante la década de los 1970-1980, en desmedro de otros grupos de empresarios que criticaban el excesivo peso que poseía el presidencialismo en la economía política del país (Cotler, 2000).

En definitiva, junto a las críticas por el clientelismo y el excesivo control económico que tuvo el Estado peruano en periodos históricos anteriores, el peso del presidencialismo en Perú fue objeto de ataques por parte de las corrientes liberales, pues se consideró un factor negativo en el desarrollo económico de la nación, ya que la actividad económica interna se veía interferida por los altos niveles de corrupción política que afectaban al Estado (Alvarez, 2016). No obstante, producto del avance en materia de control de la corrupción política, en conjunto con el cese de los conflictos armados en el interior del país, desde inicios del siglo XXI, la economía nacional del Perú actualmente se ha desembarazado de sus herencias históricas y ha profundizado los vínculos entre su economía interna y los mercados financieros y productivos mundiales.

3. Situación competitiva de las PYMES en Perú

Actualmente la facilidad de la creación de empresas en el caso peruano se puede observar en los Indicadores del Doing Business (2017), de acuerdo al Banco Mundial (2017) la apertura de negocios está en un promedio de 26 días. Comparando con Latinoamérica y El Caribe cuyo promedio es de 32 días, en Perú la situación está mejorando; sin embargo, comparando con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) el tiempo de demora para crear negocios es de 8,3 días. Por otro lado, según las cifras del último trimestre del 2015 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015), la tasa de natalidad empresarial en Perú estuvo en 2,2% de mortalidad empresarial y un 3,1% de empresas creadas, además la importancia de las PYMES en el aporte al PBI nacional es de un 40%.

Para el Perú el universo empresarial de 1.691.462 empresas formalmente constituidas durante el año 2015, de esto el 95%, es decir, 1.607.305 son microempresas, el 4,3%, es decir, 72.664 son pequeñas empresas y para el caso de mediana empresa solo representa el 0,2% del universo empresarial, esto es 2.712 empresas. Las microempresas son aquellas cuyas ventas anuales no superan los 176.100 dólares o 150 Unidades Impositivas Tributarias (UIT - Índice que se utiliza en el Perú como referencia en las normas tributarias). Según los sectores económicos las PYMES están concentrados en 44,3% al sector comercio, 41,1% al sector servicio y solo trabajando en el sector manufactura 8,8% (Ministerio de la Producción, 2015).

El mercado empresarial para el área del estudio en el Departamento de La Libertad el número de empresas registradas formalmente es de 89.800 empresas, el 5,2% del nivel nacional y para el sector Manufactura las empresas formales son 7.409, esto representa el 8,25% del total de los sectores económicos, y con un aporte del 15,6% al Valor Bruto Agregado. El estrato empresarial en la economía formal a nivel nacional es de 95,1% para la Microempresa, 4,3% para la Pequeña Empresa, 0,2% para la Mediana Empresa y 0,5% para la Gran Empresa (Ministerio de la Producción, 2017a).

Para el caso de Perú, ha tenido una tendencia descendente en su nivel de competitividad al 2018 según el último reporte de World Economic Forum situándose en el puesto 63 por debajo de sus principales socios estratégicos en la región como Chile y México, de los que los pilares fundamentales que están afectando la competitividad son la productividad laboral, calidad de instituciones públicas y privadas, capacidad de innovación, adopción de tecnologías de información y comunicaciones, financiación para las pequeña y mediana empresa y dinamismo en la capacidad de hacer negocios. (World Economic Forum, 2018). Al respecto, desde inicios de la década de XXI que existe una visión, en ciertos sectores del gremio empresarial peruano, sobre la deficiencia en el proceso de construcción de una institucionalidad económica sólida y acorde con estándares internacionales de competencia (Cotler, 2000).

En relación al párrafo anterior, la competitividad en la región La Libertad según dato del Instituto Peruano de Economía (2016), en los últimos tres años está ocupando de 24 regiones el puesto N° 9, siendo los pilares que debilitan el nivel competitivo de la región: la educación, las instituciones, la infraestructura y el entorno económico respecto a las regiones de mayores niveles de competitividad. A modo de ejemplo, dentro de la región latinoamericana, Perú todavía mantiene niveles de acceso a la educación terciaria inferiores que al resto de los países (en comparación a Argentina, Chile y México), con solo un 15,9 % de estudiantes matriculados en la universidad pertenecientes al quintil 1. Los bajos niveles de acceso a la educación terciaria, impactaría de forma negativa en la formación de capital humano que necesita el país para robustecer e innovar su institucionalidad económica (Ruff, Matheu, Juica, & Ruiz, 2020).

Como lo han aseverado las conclusiones de ciertas investigaciones, en el estudio preliminar empírico sobre las PYMES en Trujillo, se demostró que existe una asociación positiva entre capital humano y competitividad. En este sentido, los niveles de formación y educación de los empresarios constituyen un factor fundamental para integrar a la empresa a las cadenas globales de producción, en tanto que la integración a estas últimas necesita de conocimientos necesarios para mantener los estándares de competencia y de calidad (Benites et al., 2020).

Sin embargo, la situación actual en cuanto a la formación de cluster en el Perú, el Ministerio de la Producción está desarrollando programas de apoyo al desarrollo de cluster, teniendo como los cluster más importantes formados desde el año 2013, la industria del calzado en Lima con 1964 empresas concentradas, la moda de vestir en Lima con 1984 empresas, la industria del mueble en Lima con 711 empresas, y el calzado en el Porvenir con 681 empresas (Ministerio de Economía y Finanzas, 2013). Para el año 2017 con apoyo del Ministerio de la Producción, se constituyen cluster en Software y en la industria del café. Las oportunidades para la constitución de cluster en el Perú tienden a ser favorables por cuanto se tiene 8300 empresas exportadoras de los cuales el 64,5% son Micros y Pequeñas empresas (MYPES) (Ministerio de la Producción, 2017a).

4. La formación de cluster como estrategia de competitividad: algunas definiciones teóricas

Porter (2009) define cluster como “un grupo geográficamente concentrado de empresas interconectadas, pertenecientes a sectores afines o instituciones conexas, unidas por rasgos comunes y complementarios, que compiten pero que también cooperan” (pp.266-267). En un sentido similar, Sutikno y Suliswanto (2015) definen cluster según la teoría de Marshall como “un conjunto de actividades de producción que

se encuentran concentradas en un mismo espacio y que se especializan en una o dos industrias principalmente” (p.993).

En relación al párrafo anterior, Ramos (1998) entiende como “una concentración sectorial y/o geográfica de empresas que realizan una o más actividades relacionadas, que cuentan con importantes economías externas, de aglomeración y de especialización y con la oportunidad de realizar acciones conjuntas en pro de la eficiencia colectiva” (p.108). Por otro lado, Altenburg (2001) menciona que no se tiene una definición exacta de cluster identificándose como tal para caracterizar una aglomeración espacial de una determinada actividad económica. Sin embargo, en los últimos años muchos autores resaltan el potencial para incrementar la eficiencia a través de diferentes formas de articulación empresarial.

En la revisión literaria que desarrolla por Belussi (2015), referente al concepto de cluster para el caso de Italia, lo define como un distrito industrial y, basada en los escritos de Marshall, reconoce la gran eficiencia de estos modelos vinculados a un alto nivel de especialización por la división del trabajo, un grupo local con mano de obra calificada, la disponibilidad de proveedores especializados locales de materia prima, y sub contratistas competentes y la posibilidad de compartir conocimientos locales entre las empresas.

En definitiva, la definición del mencionado investigador, es que los clusters constituyen un sistema de aprendizaje local basado en un modelo de innovación incremental continuo. Los clusters no son simples agrupaciones empresariales de tipo horizontal o vertical, es diferente la organización tradicional, incluye articulaciones con centros de investigación, universidades, instituciones financieras, entre otras que potencian la actividad central (Vera & Ganga, 2007).

Los clusters constituyen una transformación morfológica empresarial e integración, pero que requiere una profundización en su cadena de valor y capital relacional en el tiempo de su asociatividad para generar conocimiento e innovación sostenible, es fundamental el liderazgo para la gestión del conocimiento en la cadena de valor (Arteche et al., 2013). Para los investigadores Martínez y Corrales (2017) con la metodología de Fe ser y Bergman, identificaron los principales cluster para Nuevo León (México) y concluyen que “los cluster de Nuevo León tienen un alto grado de pertenencia y reflejan la estructura económica del estado porque demuestran un alto grado de homogeneidad en la estructura de los agrupamientos productivos, donde la articulación de las cadenas productivas y la cohesión intersectorial son requisitos necesarios para fomentar el crecimiento y el desarrollo económico endógeno” (p.46). En una perspectiva similar, los estudios de Fayos, Calderon y Almazar (2017) analizan los clusters del sector agroalimentarias integradas en República Dominicana, demuestran que se pueden desarrollar capacidades dinámicas que les permiten generar capacidades específicas de internacionalización, mejora de los recursos y de nuevos conocimientos y habilidades para enfrentar la globalización de sus mercados.

5. Factores críticos de éxito

En este punto presentamos un breve análisis de la revisión literaria sobre investigaciones que explican los factores que podemos definir como críticos de éxitos para la creación y desarrollo de cluster.

Belussi (2015) en su investigación realiza una explicación histórica de desarrollo y expansión desde los años 50' de los clusters industriales italianos, relacionándolos con cuatro factores principales que explican el origen. Los factores endógenos como son: la disponibilidad de los artesanos expertos y factores naturales para la ubicación de la materia prima, la presencia de una empresa importante con un elevado potencial de generar innovación en su localidad que condujo a un proceso de creación de un spin off; por otro lado, el factor exógeno principal es la existencia de una empresa multinacional. Así mismo desarrollo una explicación referente a la naturaleza de los factores de crecimiento de los distritos industriales o cluster en Italia, los agrupa en: mercados e instituciones locales; el crecimiento en la

capacidad de innovación basada en procesos de aprendizaje, creación de nuevos conocimientos radicales y liderazgo de costos; las estrategias basadas en diversificación y la globalización con la presencia de exploración de conocimiento y rescate de conocimiento.

Según el artículo publicado los investigadores Navarrete, Montoya y Montoya (2009), para el caso del desarrollo de un modelo de los negocios electrónicos en los cluster de Bogotá (Colombia); los factores de éxito y fracaso son: la presencia de fuertes redes o asociaciones, el acceso a la financiación, una apropiada infraestructura física, la fuerza de trabajo competente y especializada y el desarrollo de actividades de investigación, desarrollo e innovación. Así mismo, afirma que existen factores que obstaculizan el crecimiento y aumento de la competitividad del cluster como son: que el cluster no conozca la dinámica del mercado existiendo en ella un encerramiento por lo tanto un desconocimiento de las tendencias innovadoras en el entorno global y el otro factor es tener pocos proveedores de materias primas y de tecnología especializados en la red productiva, lo cual tiene como consecuencia la creación de escenarios de monopolio y, por lo tanto, encarecer los costos de producción. También aportan importantes conclusiones respecto al desarrollo de la implementación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's), para el caso del "Megaproyecto Agroindustria de Bogotá y Cundinamarca", en la que se destacaron que los negocios electrónicos, no solo deben estar enfocados a una perspectiva económica, sino además mejorar las relaciones entre las empresas que forman la cadena de valor, que las empresas integradoras del cluster no tienden a utilizar herramientas de nivel internacional como son: sistemas Supply Chain Management (SCM), Enterprise Resource Planning (ERP) o Customer Relationship Management (CRM) y otra conclusión que llegaron los investigadores es que no existe un alto grado de cooperación y asociatividad de las empresas.

Según Rodríguez y Fernández (2006), utilizando una metodología bajo un enfoque de competitividad sistémica, estudiaron el comportamiento del sector textil en México y de la que analizaron los principales factores que afectan el desarrollo del sector y los esquemas de asociación. De la industria textil y confecciones en las que se tiene con una tendencia negativa y de situación desfavorable entre los más importantes: la legislación laboral, costes de productos energéticos, estructura arancelaria, tasas impositivas altas, y la innovación en la industria textil. En los factores críticos favorables para la industria textil y confecciones, entre los más importantes se tiene: la localización geográfica del país, disponibilidad de recursos humanos capacitados, regulación ambiental, experiencia en comercio exterior, infraestructura y situación económica estable.

López y Calderón (2006) explicaron que los factores económicos son necesarios, pero no suficientes para el éxito organizacional de un conglomerado organizacional, es decir, que el éxito del cluster no se explica solamente por las relaciones comerciales y tecnológicas, sino que se tienen que analizar factores culturales y sociales. La investigación realizada bajo un enfoque cualitativo aplicada a treinta empresas del sector de máquinas y herramientas en Colombia y cuya conclusión fundamental fue que existe un predominio de la cultura individualista, con manifestaciones de inconformidad dentro de la organización del cluster y puede debilitar la estrategia competitiva del conglomerado.

Para el caso de estudio de los clusteres en la industria manufacturera en Java Oriental-Indonesia, Sutikno y Suliswanto (2015) aplicaron un modelo de regresión logística binaria con instrumentos predictivos para determinar los factores de localización y formación de los clusteres, en la que la variable dependiente fue la ubicación del área industrial y las variables independientes se identificaron como el costos de la mano de obra, los salarios, la orientación a la exportación, la cantidad de producto y el índice de competitividad. El resultado del análisis de regresión logística binaria demostró que el índice de competitividad regional es determinante para la localización del desarrollo de nuevos clusteres industriales. El índice de competitividad regional fue calculado sobre la base de tres aspectos: la fortaleza de la región, servicios públicos y el clima de inversión.

Mendoza (2014) analizó la dinámica de los clusteres identificando dos grande fuerzas y flujos que fluyen en la dinámica del desarrollo de un cluster; la competencia interna entre empresas que integran el cluster, por razones de clientes y de proveedores, pueden estimular la creación de valor y reducción de los costes y, por lo tanto, sus contradicciones internas de negocio contribuyen a aumentar

su competitividad, establece también interrelaciones en el cluster con la generación de flujos de materiales en la cadena productiva insumo-producto en un sentido vertical, y el otro flujo, es el movimiento del dinero, y también los flujos de información para la toma de decisiones, y mejorar el nivel de conocimiento. Afirma que estos flujos son fundamentales para que funcione un cluster y pueda competir en un entorno global. Así mismo analiza que la implementación de las tecnologías de implementación de las TIC's puede ayudar para definir las estrategias y realizar los cambios rápidos en la innovación.

6. Modelos para optimización en la creación de cluster

En este punto presentamos dos modelos que buscan una relación óptima entre las relaciones que forman un cluster, y los stakeholders (grupos de interés) de su economía sectorial. En relación a lo anterior, autores como Cornuéjols, Wemmert, Gancarski y Bennani (2017) desarrollan un modelo de clustering cooperativo que utiliza un conjunto de algoritmos de agrupación, en paralelo con un conjunto de datos que permite obtener un cluster global con mejores probabilidades en sus resultados de competitividad, en las que analizan las relaciones con la organización y el control del proceso de colaboración, planteándose las siguientes cuestiones fundamentales en la modelización: “¿De qué maneras deben relacionarse las tareas locales para que una colaboración fructífera sea posible?, ¿qué información debe intercambiar?, y ¿entre qué conjunto de colaboradores?, ¿hay alguna manera de detectar colaboraciones negativas?”

En el estudio de Villamil y Hernández (2016, pp. 53-57) se usa el modelo insumo-producto y se muestra una aproximación de las relaciones interindustriales para Colombia, donde se utilizan dos herramientas. La primera mide los encadenamientos sectoriales, usando la metodología de descomposición espectral, se obtuvieron 11 sectores clave (18%), 18 con fuertes encadenamientos solo hacia atrás, estos sectores tienen la capacidad de arrastrar a otros sectores que le proveen los insumos intermedios para su proceso de producción (23%), 14 con fuertes encadenamientos solo hacia adelante, estos sectores tienen la capacidad de impulsar a otros sectores proporcionando los insumos intermedios necesarios (30%) y 17 con encadenamientos débiles (28%). La segunda herramienta realiza la identificación de clusters industriales para el diseño de políticas económicas en Colombia, obteniéndose endógenamente 9 clusters en la estructura productiva; estos son: servicios, agricultura-alimentos, industria manufacturera-construcción, industria minero-energética, industria médica-química, electricidad, confecciones-textiles, café y cuero-calzado. Asimismo, se derivan flujos de trabajo a través de la red productiva.

7. Estrategias desarrolladas en los clusters

En este punto mostramos dos casos para el desarrollo de estrategias de los clusters, ubicados en Finlandia, y los presentados en la 14th Conferencia Mundial de manufactura sostenible presentados por Badurdeen y Jawahir (2017).

Lorentz et al. (2016, pp. 38-39) investigaron diversas configuraciones estratégicas de fabricación de PYMES, en Finlandia al final de los años 2000 y principios del año 2010, en un escenario considerado como una crisis “económico-financiero” en ese país y que tuvo un efecto negativo en la demanda de los productos de las empresas manufactureras, con un impacto negativo en la rentabilidad y el empleo. En su investigación configuran tres tipos de cluster:

- El primer cluster, denominados innovadores de nichos reactivos, integrado por grupos de empresas pequeñas, cuya estrategia fue combinar flexibilidad de volumen con flexibilidad de diseño (innovación), sin embargo, con líneas de productos estrechas; en los resultados de su

estrategia se pudo observar que durante el periodo 2008-2013, la ratio de Retorno Sobre la Inversión, (ROI), no fue estable, con tendencia a la baja.

- El segundo cluster, configurado como grupo de subcontratistas, su estrategia fue poner énfasis en capacidades básicas tales como: calidad, entrega y costo, es decir, un proceso de fabricación comercializable y poniendo poco énfasis en el desarrollo de nuevos productos; los resultados para este grupo de cluster durante la crisis fueron ROI también relativamente bajos.
- El tercer grupo de cluster, se categorizó como ingenieros servidores, cuya estrategia fue la flexibilidad del diseño, una amplia línea de productos y servicios post venta, las empresas que integran este cluster, fueron productores de electrónica, máquinas y otros equipos. Los resultados del ROI para este grupo fue más estable durante la crisis macroeconómica, lo cual evidenció un buen resultado de esa estrategia, respecto a los dos grupos antes mencionados.

El trabajo de Badurdeen y Jawahir (2017) presenta las estrategias clave para permitir la creación de valor mediante la fabricación partiendo de un compromiso extenso con líderes empresariales y profesionales de la industria, así como expertos académicos y representantes de agencias gubernamentales. En un contexto empresarial, se crea valor sostenible cuando se genera valor para todos los grupos de interés de manera simultánea. Las principales capacidades estratégicas identificadas son:

1. Educación en manufactura sostenible y desarrollo de la mano de obra.
2. Conjunto de herramientas de soporte de decisiones compatibles.
3. Riesgo, incertidumbre y consecuencias imprevistas para las redes de suministro.
4. Capacidad de gestión del ciclo de vida del producto para la planificación de procesos.
5. Modelos de costo de ciclo de vida.
6. Gestión de fin de ciclo de vida enfocada en: reciclar, remanufacturar, reusar, rediseñar, reducir, recuperar.
7. Alternativas de fabricación flexible y escalable.

8. Análisis del caso Cluster cuero-calzado en Trujillo

8.1. Características empresariales

Con los resultados de la encuesta aplicada a 10 empresas podemos realizar el siguiente análisis. El sector de cuero y calzado en la provincia de Trujillo está constituido por un gran número de pequeñas y medianas productoras de calzado, cuyas características generales de competitividad son las siguientes: pequeña actividad productiva en mercado doméstico, bajo nivel de formación empresarial, bajo nivel de tecnología e innovación, una deficiente financiación y niveles de productividad muy variables. Para nuestro estudio se seleccionaron diez empresas que las consideramos como potenciales para constituir un cluster de cuero y calzado en Trujillo.

Los factores de cualificación para analizar la capacidad de constituir un cluster de cuero y calzado son los siguientes: definición del ámbito de negocio estrategias de futuro, plan de acción, involucración y motivación de las empresas, núcleo duro empresarial, gobernanza, presupuesto y financiación (Ministerio de la Producción, 2017b).

Como se puede observar la Tabla 1 la curtiembre Chimú con 44 trabajadores y un nivel de ingresos de 2278 UIT (\$ 2.843.112,48), con una capacidad de exportación 3% de sus ventas se constituye como la empresa proveedora de materia prima en el curtido de pieles, que puede garantizar una integración vertical con los productores y diseñadores de calzado para lograr la optimización de los costes de producción y calidad, desde inicio de la cadena de producción. Además, se puede considerar a la empresa Cuenca como otro proveedor para la creación de valor en el suministro. Igualmente podemos afirmar que con la empresa productora de calzado Paola Della Flores y Luz del Sol, que tiene un 40% y 80% respectivamente con mercados de exportación, se podría lograr una integración horizontal hacia nuevos mercados.

Tabla 1. Características empresariales

Empresa	Productor	Nº. de trabajadores	UIT	Capacidad de Exportación
Jocyncar	Calzado	5	63	0%
Curtiembre Chimú	Cuero	44	2278	3%
Curtiembre Cuenca	Cuero	40	506	0%
Calzados Zafeti	Calzado	8	51	0%
Grupo Romina	Calzado	16	304	0%
Inca Fashion	Calzado	5	-	0%
Paola Della Flores	Calzado	8	177	40%
FromWest	Calzado	8	48	1%
D'Ellas	Calzado	18	253	0%
Luz de Sol	Calzado	10	25	80%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

8.2. Variables que impactan en forma positiva en la rentabilidad del Cluster

Con la finalidad de analizar las variables organizacionales y de mercado que pueden resultar una relación positiva con la rentabilidad cuando quede conformado el Cluster de cuero y calzado en Trujillo, estructuramos el cuestionario en ocho componentes para que cada gerente responda según su experiencia el nivel de impacto o relación de cada una de las variables organizacionales y de mercado.

En la Tabla 2 podemos destacar que las variables organizacionales que tienen un mayor impacto en la rentabilidad, son la capacidad de innovación, es decir, que la empresa tenga el nivel de conocimiento y tecnología para desarrollar innovación en sus productos y procesos, el liderazgo con relación a desarrollar buenas prácticas con el recurso humano; en este hallazgo coincidimos con la investigación de Martines del Rio, Cespedes y Perez (2013), confirman la relación la mediación de la innovación con las buenas prácticas de los recursos humanos y el rendimiento en cluster geográficos, variable organizacional es el acceso a los mercados, es decir, la capacidad de la empresa de administrar su cadena de suministro y relacionarse con sus proveedores y clientes, así como la investigación de Becerra, Serna y Naranajo (2013) demuestran que los vínculos entre empresas para ejecutar actividades de innovación y transferencia tecnológica y de conocimientos, en los cluster, influyen positivamente sobre la innovación de sus productos y procesos; las investigaciones de López y Calderón (2006) coinciden con destacar la importancia de la variable acceso a los mercados, al hacer un análisis general de cómo las pequeñas empresas se establecen y conquistan su porción de mercado en el cluster brasileño de calzado.

Para la variable liderazgo el 70% de los gerentes encuestados considera muy importante la existencia de líderes para el desarrollo de una iniciativa de cluster, según la Asociación de Emprendedores del Perú, Ministerio de la Producción (2015), se muestra de acuerdo al indicar que la

no redundancia en la red de contactos del directivo principal de la empresa y la rivalidad local percibida se relacionan positivamente con la innovación. Luego la Cultura emprendedora es otra variable organizacional, que los empresarios del calzado consideran relevante en la rentabilidad de las operaciones, conclusión que también se identifica en el estudio de Badurdeen y Jawahir (2017) al revelar que potenciar el perfil emprendedor es una postura adecuada para obtener mejores resultados en los negocios.

Tabla 2. Variables que impactan en la rentabilidad del cluster.

	Tipo	VARIABLES DE IMPACTO a la rentabilidad	Muy Alto	Alto	Moderadamente
1	Mercado	Existencia de Redes y Asociaciones	60%	30%	10%
2	Organizacional	Capacidad de Innovación	60%	40%	0%
3		Liderazgo	70%	10%	20%
4	Mercado	Existencia de Empresas con fuertes vinculaciones	60%	30%	10%
5	Mercado	Acceso al Financiamiento	50%	40%	10%
6	Organizacional	Cultura Emprendedora	60%	30%	10%
7	Mercado	Servicio y Desarrollo Empresarial	50%	50%	0%
8	Organizacional	Acceso a los Mercados	80%	20%	0%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

Con respecto a las variables de mercado, podemos observar en la Tabla 2, que el acceso al mercado financiero no es muy significativo o una fuerte barrera de ingreso a la conformación del cluster y su alto impacto a la rentabilidad. En otras palabras, no queremos afirmar que el mercado financiero no es importante, sino que hay que considerar que el crédito comercial entre empresas con coste financiero cero, pues es una alternativa de rentabilizar el negocio sin depender del crédito Bancario. Como lo demostró la investigación de Long y Zhang (2011), el desarrollo de las PYMES en la China se basó en los créditos comerciales entre las industrias que conformaron el cluster y con buenos indicadores de rendimiento.

Es importante destacar la estrategia de financiación que explica en su estudio Llami (2016), al determinar que la solución para el problema del financiamiento es la agrupación cuando las condiciones locales no permiten el acceso fácil a estos servicios. Para la variable Redes y Asociaciones empresariales el 60% de los gerentes o considera muy importante la existencia de empresas con fuertes vinculaciones que dinamice el cluster, aspecto que se refleja en la articulación de las cadenas productivas y la cohesión intersectorial, requisitos necesarios para fomentar el crecimiento y desarrollo económico endógeno, así como lo sostiene el Banco Mundial (2019). Finalmente, la variable de mercado los servicios de desarrollo empresarial en opinión de los Gerentes del calzado Trujillano, el 60% consideran relevante para el cluster; los estudios de Altenburg (2001) también confirman la importancia de esta variable al comprobar que están correctamente integrados (componentes institucionales y organizacionales del cluster: empresa, gobierno y universidad).

8.3. Factores que favorecen el desarrollo de Cluster Cuero-Calzado en Trujillo

Este punto del análisis es determinar los factores que favorecen el desarrollo de un cluster para cuero y calzado en la Industria de Trujillo. El cuestionario estructurado se organizó en 5 factores relacionados a las ventajas competitivas (precio, calidad, productividad, confianza, tecnología) y 2 a las ventajas

comparativas (cercanía geográfica y apoyo del gobierno). Como se puede apreciar en la Tabla 3 los factores confianza y calidad son para los gerentes encuestados los de mayor importancia para el desarrollo del cluster en cuero-calzado para la Industria de Trujillo. Hay que destacar la investigación de Swiriski de Souza y Bernal (2002) para el cluster de calzado en el Valle de Sinos-Brasil, la confianza es vital para el intercambio de información relevante entre los clientes y proveedores y la cooperación que permita la eficiencia de las operaciones como ventaja competitiva. Sin embargo, la intensa competencia del calzado chino, es motivo según los empresarios trujillanos que otros factores son fundamentales: productividad, calidad, tecnología y apoyo del Gobierno, para la viabilidad sostenible del cluster.

Tabla 3. Factores favorecen desarrollo Cluster cuero-calzado en Trujillo.

	Factores favorecen cluster	Muy Importante	Importante	Moderadamente importante
1	Calidad	60%	10%	30%
2	Precio	10%	30%	60%
3	Cercanía Geográfica	20%	20%	60%
4	Productividad	40%	30%	30%
5	Tecnologías	40%	30%	30%
6	Confianza	60%	20%	20%
7	Apoyo al Gobierno	30%	30%	40%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

8.4. Viabilidad del Cluster de Cuero-Calzado en Trujillo

En el siguiente análisis se puede observar el nivel de decisión de los Líderes de las empresas encuestadas para cada una de las 10 empresas estudiadas, estructuramos las encuestas con preguntas que demuestren la aptitud de los empresarios para constituir el primer Cluster de Cuero-Calzado en Trujillo. El tipo de preguntas son semicerradas con tres alternativas (totalmente de acuerdo, de acuerdo, indiferente). En la Tabla 4 se aprecian los resultados de la encuesta aplicada a 10 gerentes del calzado; con estas respuestas podemos analizar sus actitudes o comportamientos en el momento de decidir la conformación del Cluster.

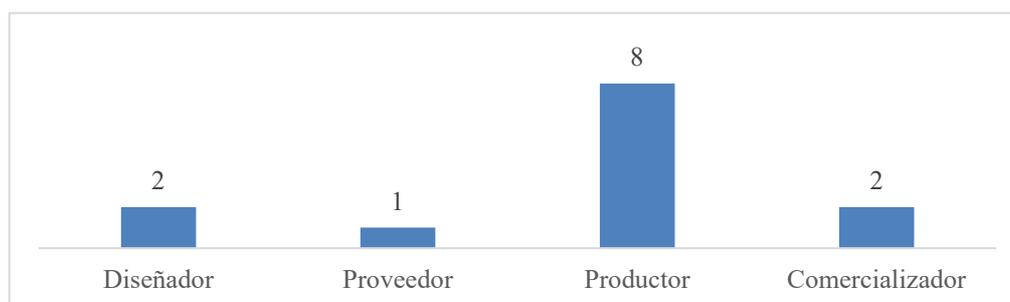
La viabilidad de conformar el Cluster cuero-calzado en Trujillo, para en primer lugar de las actitudes de los empresarios de cambiar e iniciar nuevos modelos de negocios no tradicionales, la respuesta es al 100%. Sin embargo, es importante señalar como estarán dispuestos a integrar la cadena de productiva. En la Figura 1 se aprecia que 8 empresas pueden participar como productores, 2 empresas en diseño, 1 solo como proveedor de los insumos, hay que hacer notar que algunas empresas desean participar en dos funciones. El 80% de los gerentes están muy de acuerdo que un cluster les permitirá desarrollarse y crecer, estos resultados son consistentes con los datos presentados por Belussi (2015) al proponer que el principal objetivo de un cluster es impulsar el desarrollo empresarial para aprovechar las ventajas de operar en conjunto. El análisis hecho por Altenburg (2001) describe las estructuras asociativas de un cluster, pueden mejorar la generación de innovaciones y generar externalidades positivas para la comunidad.

Tabla 4. Nivel de aceptación para conformar un Cluster Cuero Calzado -Trujillo.

Variables de decisión	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente
Estaría dispuesto a formar un cluster cuero-calzado	100%	0%	0%
La formación del cluster permitirá desarrollar y crecer su empresa	80%	20%	0%
Con el Cluster, tendremos acceso a los mercados internacionales	90%	10%	0%
Integrar alianzas estratégicas con Universidades	100%	0%	0%
Invertirá por el potencial crecimiento de su mercado	100%	0%	0%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

Figura 1. Condiciones que estarían dispuestos a formar parte de un cluster de cuero y calzado.



Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

Otro resultado de la investigación realizada, muestra que el 90% está muy de acuerdo que el cluster facilitará un mayor acceso a nuevos mercados internacionales. Aspecto que concuerda con lo expuesto por Antonelli (2000) al determinar que la expansión internacional de los clusters locales durante etapas en que la oportunidad comercial se centra en los mercados exteriores. De igual forma los resultados del estudio cualitativo presentado por Cornuejols et al. (2017) concluye que el cluster desarrolla capacidades dinámicas que les permiten generar capacidades dinámicas específicas de internacionalización.

El 100% de los empresarios de calzado están convencidos que la decisión de invertir en cluster es atractiva considerando el potencial de crecimiento de sus mercados y necesario las alianzas estratégicas con los centros de investigación en Universidades. En concordancia con el Instituto Peruano de Economía (2016) se afirma que la economía de los países desarrollados, está dominada por clusters que interactúan muy fuertemente entre sí, generando sinergias en aspectos tecnológicos y de conocimientos para generar innovación y cuyo resultado se manifiesta en crecimiento y generación de valor al conjunto de ellas para competir en mercados internacionales altamente competitivos. La concentración de empresas proporciona dinamismo y crecimiento a una economía y si es llevado a cabo reunidos en un cluster todos los participantes obtendrán beneficios generados por las economías externas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015).

Como numerosos autores lo han planteado (Paton, Bercovich y Barroeta, 2018), sobre políticas de cluster en América Latina y el Caribe (ALC) y las oportunidades de cooperación con la Unión Europea (UE), en una amplia revisión de las políticas y estrategias de fomento de cluster entre ambas economías, es importante destacar del mencionado estudio las siguientes lecciones claves para cerrar nuestro artículo:

- Las políticas de cluster ayudan a las PYMES en las regiones de economías menos avanzadas, en mayores niveles de cooperación en innovación y competitividad, de esa manera se minimiza las brechas de productividad.
- Una de las dificultades en ALC es la integración de las políticas de cluster con estrategias de desarrollo e innovación regional. Se requiere una economía sofisticada y una masa crítica en conocimiento y capital social suficiente.
- Para que el cluster sea competitivo en forma sostenible, debe estar en un ecosistema de innovación y competitividad.
- La integración de las políticas de cluster en las políticas de desarrollo e innovación regional, permitió a la Unión Europea la especialización inteligente.
- Para la sostenibilidad del cluster se requiere modelos de gobernanza adecuados en cada región con diversos mecanismos de incentivos para una participación efectiva de los gestores empresariales privados y públicos, es vital un liderazgo y un stock de conocimiento, que permita el empoderamiento y el fortalecimiento de las capacidades.
- Es fundamental y necesaria la integración entre políticas de clusters y las estrategias regionales de innovación. El modelo de la Unión Europea puede ser una alternativa para ALC y así facilitar en el tiempo su implementación.
- Es importante combinar las políticas de cluster con las Estrategias de Especialización Inteligente y el enfoque de “cada de valor/cluster”.
- En ALC, durante los últimos años varios países han implementado políticas de clusters con buenos resultados en términos de innovación, competitividad y empleo, sin embargo, falta integrar con las Estrategias de desarrollo regional e innovación.

8.5. Correlaciones de variables.

Al realizar el estudio de correlaciones de variables entre dimensiones y percepciones analizadas para entender las relaciones entre las variables de contexto, y las empresas para crear agrupaciones o cluster, fueron consideradas correlaciones significativas ($<0,005$) y fuerza de correlación mayor o igual 0,6, esto nos asegura la interpretación de todas las variables del grupo (Tabla 5). Se utilizó las correlaciones de Pearson medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas o el coeficiente de correlación no paramétrico Tau-b de Kendall para el caso de dos variables ordinales.

Tabla 5. Datos generales de análisis de las correlaciones de variables.

Cantidad de variables	Variables Correlacionadas Bivariadas	Correlaciones Bivariadas
32	29	60

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

Destaca en estas correlaciones (Tabla 6) que la variable con más variables correlacionadas es la variable **decisión** (decisiones descentralizadas, 5 correlaciones), fuertemente relacionada con la variable **tecnología** (procesos productivos y administrativos con apoyos tecnológicos en la producción y administración) y **administración** (planeamientos en la toma de decisiones gerenciales administrativas) y correlaciones moderadas con **moral** (alta de los trabajadores). Variable que se encuentra vinculada a **empresa-instituciones** y **actividades conjuntas**.

Estas dos últimas relaciones son muy importantes para el estudio ya que refleja que a mayor decisión existe mayor relación e interés de actividades con proveedores, distribuidores, vendedores, clientes competidores, centro de investigación y desarrollo, educación pública y privada, asociaciones y gremios institucionales y consultorías y asesorías.

Tabla 6. Resultados de las variables con mayores correlaciones del estudio.

Variable	V Correlacionada	Correlación de Pearson / Tau b de Kendall	Variable	V Correlacionada	Correlación de Pearson / Tau_b de Kendall
Edad	Instrucción	,690*	Producción	Seguridad e Higiene	,748*
Línea de negocio	Instrucción	,795**	Producto importado	Comercialización	,745*
Factores de alianza	Instrucción	,734*	Factores alianza	Comercialización	,784**
Gremio	Demanda	,745*	Decisión	Tecnologías	,845**
Lineas de Carrera	Demanda	,668*	Decisión	Moral	,646*
Gremio	Tecnología	,657*	Decisión	Actividades conjuntas	,664*
Sector Público	Posición	,647*	Decisión	Relación empresa/institución	,686*
Posición diferencial	Producto importado	,905**	Posición años	Moral	,715*
Posición diferencial	Comercialización	,674*	Relación empresa/institución	Moral	,678*
Demanda	Competencia	,813**	Funciones apoyo	Posición año	,695*
Cientes	Competidor	,677*	Funciones apoyo	Relación empresa-instituciones	,692*
Cientes	Comercialización	,669*	Posición año	Relación empresa/institución	,701*
Administración	Tecnología	,656*	Información técnica	Cluster	,659*
Administración	Decisiones	,715*	Finanzas	Actividades conjuntas	,707*
Administración	Motivación	,634*	Administración	Posición	-,707*

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software SPSS Statistics 24.

La variable **relación empresa-instituciones** es también una de las tres variables que sigue con más correlaciones (4), además de la relación positiva con la variable anteriormente analizada también está relacionada con las variables **moral**, **funciones de apoyo** (dueño con funciones de apoyo) y **posición años** (percepción de posición de la empresa en 5 años). Estas relaciones nos entregan otro resultado importante que las pymes con creencia de relaciones con instituciones externas creen en posicionamientos positivos dentro de cinco años.

Otra de las variables con cuatro correlaciones es **administración** que además de estar relacionada, como ya se analizó, con **decisión**, está también relacionada con **tecnología**, **motivación** (alta de los trabajadores) y **posición** (frente a sus competidores). La última variable en esta condición

(4 correlaciones) es **comercialización** (área planificada) relacionada con **cliente** (exigentes y sofisticados), **posición diferencial** (posición en el mercado en 5 años), **producto importado** (daño de los productos chinos) y **factores alianza** (para hacer alianzas son importantes o limitantes los factores calidad, precio, cercanía, competitividad, tecnología, relaciones personales, apoyo del estado, compromiso, distancias, saturación de mercado, información, recursos, confianza en los acuerdos y garantías). De las relaciones de la variable comercialización se desprende otra importante conclusión; un área de comercialización planificada reconoce los factores importantes y limitantes para hacer alianzas con otros.

De las variables ya analizadas las que tienen tres correlaciones, las relaciones no detalladas anteriormente (como relaciones de la variable **moral**) son las relaciones: **funciones de apoyo - posición en años y tecnología- gremio** (pertenecer a gremios o agrupaciones de su negocio). En la misma condición de tres correlaciones aparecen nuevas variables, una de ellas es la variable **demanda** (incentivo para innovar y ser competitivos) que se relaciona con las variables **gremio, competencia (extranjera) y líneas de carrera** (existe carrera para los trabajadores); la otra variable es **instrucción** (nivel de enseñanza de los empresarios) relacionada con la **edad, factores alianza y línea negocio** (iniciar nuevas líneas). De las relaciones terciarias destaca que el nivel de estudios de los dueños de las empresas permite mayor comprensión de los factores para alianzas con otras empresas.

Finalmente, la mayoría de las variables con una o dos relaciones significativas ya fueron analizadas, solo se agregan las seis relaciones no coloreadas de la Tabla 6 donde destaca la fuerte relación entre **posición diferencial - producto importado**. La relación **cluster** (pertenecer es mejor para nuevos mercados y crecimiento de la empresa) – **información técnica** (intercambio de información entre empresas) es una relación de gran importancia para este estudio dado que es la única relación donde aparece directamente la variable cluster, esta relación es con la variable que resume las otras relaciones importantes para la formación de cluster que ya fueron analizadas: factores para alianza, posición años, empresa-instituciones y actividades conjuntas.

9. Financiación

Las micro y pequeñas empresas del sector manufactura en Trujillo sufren de cinco puntos vulnerables que las ponen en peligro y las podrían dejar fuera de la competencia, como son falta de capacidad de modernización, innovación de productos e inversión en tecnologías y estrategias, además de la falta de asesoría empresarial, deficiente productividad, desconocimiento de mercados y sistemas de calidad.

Otras desventajas son la falta de planeación a largo plazo, la poca o nula estructuración, la falta de visión e innovación para neutralizar o en su caso enfrentar la competencia, el no realizar estudios de mercado, publicidad o promociones para aumentar sus ventas, la falta de reinversión del capital y el escaso o inadecuado uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC's) como soporte a su gestión.

Gracias a los resultados de esta investigación, la Universidad Nacional de Trujillo mostró interés en contribuir a dinamizar los procesos de innovación en productos y procesos. Así, se aprobó el proyecto “*Las TIC's en la cadena de suministro para la competitividad de las Mypes de Trujillo*”, como resultado de la III Convocatoria de Proyectos de Investigación Científica, financiado con recursos del Canon Minero en el 2015.

A través de la vinculación de la Universidad de Trujillo con el sector manufacturero, se ha buscado contribuir a dinamizar el proceso de innovación en productos y procesos, facilitando también a los investigadores en monitorizar los diferentes procesos y las áreas de investigación en las que el conocimiento creado en la universidad puede ser útil para la industria.

10. Conclusiones

En este artículo se hizo una revisión histórica de la definición de cluster desde Marshall (1919), Porter (2009) y Sutikno y Suliswanto (2015), que es importante para iniciar iniciativas de cluster en regiones que no existe como marco conceptual bien focalizado. En relación a lo anterior, se estudiaron los factores claves de éxito para la ubicación geográfica de un cluster empresarial; en algunos de los investigadores estudiados se concluye que la variable de índice de competitividad regional es el más significativo.

Estudiando la dinámica de los clusteres en la industria del calzado en Perú se concluye que el cluster es una entidad compleja de acuerdo al número de empresas u organizaciones que lo conforman, y algunos escenarios no comparten los mismos objetivos y la misma visión. Asimismo, revisando la literatura de los modelos, se puede identificar de manera óptima la interrelación de las empresas que participan en el cluster, uno de ellos fue el modelo insumo-producto para el análisis económico.

Por consiguiente, se concluye que sí es factible la conformación del cluster cuero-calzado en Trujillo, en función a las opiniones favorables recibidas por diez gerentes de empresas más representativas del sector. Los factores económicos inter organizacionales son fundamentales para la constitución del cluster organizacional, pero no son los únicos, por cuanto se deben analizar los factores culturales y sociales entre las empresas que constituyen el cluster.

La relación entre variables demuestra las principales conexiones para la creación de cluster donde las variables directas con la definición del estudio que son cluster, factores para alianza, empresa-instituciones y actividades conjuntas se relacionan con las variables decisión, **finanzas** (área planificada), instrucción, comercialización, decisión e información técnica. Estas interrelaciones coinciden con los resultados de Sener, Savrul y Aydin (2014) respecto a la necesidad del apoyo financiero que necesitan las PYMES a fin de volverse competitivas en el mercado global.

Además de las relaciones entre variables indirectas a la definición, entregan importantes elementos finales a este estudio que dicen que para la creación y confianza en las formaciones de cluster es importante: Apoyo de recursos tecnológicos en los procesos productivos y administrativos. La importancia de la anterior variable en el desempeño de una PYME se refuerza si consideramos los trabajos de Tarute y Gatautis (2014) respecto al impacto positivo que tienen las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la competitividad de las PYMES.

- Alta moral y confianza de los trabajadores en los procesos productivos.
- Planeamiento en las decisiones de la empresa en áreas como finanzas, administración, y comercialización.
- Darle valor a las variables, clientes y demandas entregan confianzas de posicionamiento para el futuro de la empresa y esto a la vez permite creer en alianzas estratégicas con otras empresas del mercado. Además, con la confianza de que estas alianzas ayudan al crecimiento de la propia empresa.

En definitiva, el análisis estadístico de variables confirma qué en el proceso de construcción de un cluster sostenible, necesita articular y organizar las distintas variables del funcionamiento complejo de la empresa y la organización entre ellas, fenómeno que, posiblemente se encuentre relacionado con las teorías organizativas y de desarrollo del capital humano en la actividad económica Todericiu y Stni (2015). En este sentido, y como distintos estudios han destacado, el desarrollo de clusteres como estrategia competitiva necesita asimismo del apoyo político que permita dotar a la industria de tecnología para su desarrollo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido elaborado en el marco de los Proyectos de Investigación Ciencia y Tecnológica financiados con fondos del canon minero del Perú "Las TIC'S en la cadena de suministro para la competitividad de las MYPES de Trujillo".

Referencias

- Altenburg, T. (2001). *La Promoción de Clústeres Industriales en América Latina*. Argentina: Foco Pymes Publicaciones.
- Alvarez, R. (2016). *Gremios empresariales, política y neoliberalismo. Los Casos de Chile y Perú (1986-2010)*. Santiago: LOM.
- Antonelli, C (2000). Collective Knowledge, communication, and innovation: The Evidence of Technological Districts. *Regional Studies*, 34(6), 535-547.
- Arteche, M., Santucci, M., & Welsh, S. (2013). Redes y clúster para la innovación y la transferencia del conocimiento. Impacto en el crecimiento regional en Argentina. *Estudios Gerenciales*, 29, 125-130.
- Badurdeen, F., & Jawahir, I. (2017). Strategies for Value Creation through Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 8, 20-27.
- Banco Mundial (2019). *Análisis integral de la logística en el Perú*. Biblioteca Nacional del Perú.
- Becerra, F., Serna, H.M., & Naranjo, J. (2013). Redes empresariales locales, investigación y desarrollo e innovación en la empresa. Clúster de herramientas de Caldas, Colombia. *Estudios Gerenciales*, 29(127), 247-248.
- Belussi, F. (2015). The international resilience of Italian industrial districts/clusters (ID/C) between knowledge re-shoring and manufacturing off (near), shoring. *Journal of Regional Research*, 32, 89-103.
- Benites, A., Ruff, C., Ruiz, M., Matheo, A., Inca, M., & Juica, P. (2020). Análisis de los factores de competitividad para la productibilidad sostenible de las Pymes en Trujillo (Perú). *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 29, 208-236.
- Casanova, P. (2006). *Colonialismo interno*. Buenos Aires: CLACSO.
- Coatsworth, J. (2008). Estructura, Dotación de Factores e instituciones en la historia Económica de América Latina. *Revista Araucaria*, 10(19), 155-172.
- Cornuéjols, A., Wemmert, C., Gancarski, P., & Bennani, Y. (2017). Collaborative Clustering: Why, when, what and how. *Information Fusion*, 39, 81-95.
- Cotler, J. (2000). Los empresarios y las reformas económicas en el Perú. *Estudios sociológicos*, XVII(2), 291-328.
- Doing Business (2017). *Equal opportunity for all*. World Bank Group.

- Fayos, T., Calderon, H., & Almazar, M. (2017). Las capacidades dinámicas en la internacionalización de las empresas y cooperativas agroindustriales integradas en cluster. *Revista de economía pública social y cooperativa*, 89, 5-31.
- Ffresh-Davis, R. (2005). *Reformas para América Latina: después del fundamentalismo neoliberal*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Halperin, T. (2000). *Historia de América Latina*. Buenos Aires: Alianza.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). *Demografía Empresarial en el Perú*. Perú: INEI.
- Instituto Peruano de Economía (2016). *Índice de Competitividad Regional (INCORE)*. Perú: Instituto Peruano de Economía.
- Llami, L. (2016). *La Iniciativa Clúster como Instrumento de Mejora Competitiva en el Desarrollo de Políticas Públicas: servicio para la realización de talleres de sensibilización sobre conglomerados productivos o clúster*. Lima: Ministerio de la Producción.
- Long, C., & Zhang, X. (2011). Cluster-based industrialization in China: Financing and performance. *Journal of International Economics*, 84(1), 121-122.
- López, L., & Calderón G. (2006). Análisis de las dinámicas Culturales al interior de un Clúster Empresarial. *Estudios Gerenciales*, 22(99), 13-35.
- Lorentz, H., Hilmola, O., Malmsten, J., & Srai, J. (2016). Cluster analysis application for understanding SME manufacturing strategies. *Expert Systems with Applications*, 66(c), 176-188.
- Marshall, A. (1919). *Industry and Trade*. London: Cosimo Inc 2006.
- Martines del Rio, J., Cespedes, J., & Pérez, M. (2013). Relación entre las prácticas de recursos humanos, la innovación y el rendimiento en clúster geográficos. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 16(4), 247-248.
- Martínez, G., Corrales, S. (2017). Cadenas productivas y clúster en la economía regional de Nuevo León. Un análisis con matrices de insumo-producto. *Economía: teoría y práctica*, 46, 60-67.
- Mendoza, J. (2014). La dinámica de los clústeres. *Revista Dimensión Empresarial*, 12(1), 84-97.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2013). Consorcio Clúster Development. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Ministerio de la Producción (2015). *Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno*. Perú: Ministerio de la Producción.
- Ministerio de la Producción (2017a). *Las MIPYME en cifras 2016*. Perú: Ministerio de la Producción.
- Ministerio de la Producción (2017b). *Programa PRODUCE de Apoyo a Clúster en beneficio a las pymes de Lima, Junín y Pasco, productoras de muebles, software y café*. Lima: Ministerio de la Producción.
- Navarrete, J., Montoya, L., & Montoya, I. (2009). Clúster como un modelo en el desarrollo de los negocios electrónicos. *Revista Innovar*, 19(34), 23-65.
- Ocampo, J. (2004). La América Latina y la economía mundial en el largo siglo XX. *El trimestre económico*, 71 (284), 725-786.

- Parodi, C. (2007). *América Latina y la Globalización económica: una visión a largo plazo*. Lima: Universidad del Pacífico. <http://hdl.handle.net/11354/313>
- Patón, P., Bercovich, N., & Barroeta, B. (2018). *Clústeres y políticas de clúster: oportunidades de colaboración entre la Unión Europea (UE) y América Latina y el Caribe*. Fundación EU-LAC. <https://eulacfoundation.org/system/files/clusterses.pdf>
- Porter, M. (2009). *Ser Competitivo tomo II*. Londres: Harvard Bussines.
- Ramos, J. (1998). Una estrategia de desarrollo a partir de complejos productivos. *Revistas de la Cepal*, 66, 105-126.
- Rodríguez, C., & Fernández, L. (2006). Manufactura textil en México: Un enfoque sistémico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 11(35), 335-351.
- Ruff, C., Ruiz, M., Matheu, A., & Juica, P. (2020). Análisis de las políticas de financiamiento mixto en educación superior y sus efectos en la movilidad social y en la investigación, el caso de Chile. *Gestión y política pública*, 29(2), 413-445.
- Sener, S., Savrul, M., S., & Aydin, O. (2014). Estructura de las pequeñas y medianas empresas en Turquía y estrategias globales de competitividad. *Procedia*, 150, 212-221.
- Sutikno, S., & Suliswanto, M.S. (2015). El desarrollo de clúster de la industria manufacturera como esfuerzo de expansión de la mejora económica en Java Oriental. *Procedia*, 2011, 992-998.
- Swiriski de Souza, Y., & Bernal, J. (2002). Desafíos a la pequeña y mediana empresa: un clúster calzado en el Brasil. *Cuadernos de Difusión*, 7(13), 57-73.
- Tarute, A., & Gatautis, R. (2014). Impacto de las TICs en el desempeño de las pymes. *Procedia*, 110, 1218-1225.
- Todericiu, R., & Stni, A. (2015). Capital intelectual: clave para una ventaja competitiva. *Procedia economics and finance*, 27, 676-681.
- Vera, R., & Ganga, F. (2007). Los Clúster Industriales: Precisión Conceptual y desarrollo teórico. *Cuadernos de Administración*, 20(33), 318-319.
- Villamil, J., & Hernández, G. (2016). Encadenamientos, clústeres y flujos de trabajo en la economía colombiana. *Ensayos sobre Política Económica*, 34(79), 51- 65.
- World Economic Forum (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. Ginebra: Suiza.

Construcción de un modelo Scoring de Probabilidad: el caso de la empresa SEGUMAR S.A.

CARRASCO PRECIADO, ANDY

Universidad Agraria del Ecuador (Ecuador)

Correo electrónico: anndy.carrasco.preciado@uagraria.edu.ec

GARCÍA REGALADO, JORGE

Universidad Agraria del Ecuador (Ecuador)

Correo electrónico: jgarcia@uagraria.edu.ec

CORNEJO MARCOS, GINO

Universidad Tecnológica ECOTEC (Ecuador)

Correo electrónico: gcornejo@ecotec.edu.ec

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es la construcción de un modelo credit scoring de probabilidad con la finalidad de minimizar el riesgo de incumplimiento de pago de la cartera de clientes, para lo que se utilizó variables dependientes (cliente "bueno o malo") y como independientes (características de los clientes) para proporcionar un análisis correcto para determinar si la empresa concede o no un crédito. Se aplicó la metodología descriptiva y enfoques cuantitativos y cualitativos tomando como fuentes primarias los datos de la cartera de clientes de la empresa SEGUMAR S.A. La base de datos consiste de la información de 100 personas solicitantes de un crédito y se incluye en la medición de 7 variables para cada persona. Cada solicitante se clasifica en una de dos categorías posibles, "buen cliente" (70 casos) o "mal cliente" (30 casos). Se desarrolló una regla de credit scoring para determinar si un nuevo solicitante es "Bueno" o "Malo" cliente, basándose en los valores de una o más variables explicativas resultantes del modelo final. Este estudio evaluó las características que tienen los clientes al momento de pedir un crédito y según las características de cada cliente se puede realizar predicciones, clasificarlos como un buen o un mal cliente. En los resultados obtenidos del modelo Logit se puede concluir que las variables seleccionadas que se aplicaron en el modelo arrojaron un 76% de éxito que nos permite clasificar a cada uno de nuestros clientes como un buen cliente o mal cliente en nuestro modelo.

Palabras clave: Logit; credit scoring; riesgo crediticio; variable dicotómica; incumplimiento.

Clasificación JEL: C33, G01, G21, P43.

MSC2010: 91G40, 91G50.

Construction of a Probability Scoring model for the company SEGUMAR S.A.

ABSTRACT

The objective of this work is the construction of a probability credit scoring model in order to minimize the risk of default on payment of the customer portfolio, for which dependent (customer good and bad) and independent (characteristic of customer) variables were used to provide a correct analysis to determine whether or not the company grants a loan. The descriptive methodology and quantitative and qualitative approaches were applied taking as primary sources the data of the customer portfolio of the company SEGUMAR S.A. The database consists of the information of 100 people applying for a loan and is included in the measurement of 7 variables for each person. Each applicant is classified into one of two possible categories, "good customer" (70 cases) or "bad customer" (30 cases). A credit scoring rule was developed to determine whether a new applicant is a "Good" or "Bad" customer, based on the values of one or more explanatory variables resulting from the final model. This study evaluated the characteristics that customers have at the time of requesting a loan and that according to the characteristics of each customer it is possible to make predictions, classify them as a good customer or a bad customer. In the results obtained from the Logit model it can be concluded that the selected variables that were applied in the model gave us a 76% success rate that allows us to classify each of our customers as a good customer or bad customer in our model.

Keywords: Logit; credit scoring; credit risk; dichotomous variable; default.

JEL classification: C33, G01, G21, P43.

MSC2010: 91G40, 91G50.



1. Introducción

SEGUMAR S.A es una cooperativa de ahorro y crédito localizada en la ciudad de Guayaquil de la provincia del Guayas (Ecuador), que tiene como principal actividad económica otorgar microcréditos a personas naturales, con el fin de lograr réditos de tales acciones.

En la actualidad, SEGUMAR S.A presenta una deficiente gestión de créditos, lo que obliga a realizar diversas actividades de recuperación de cartera, provocando altos costos administrativos. Por tal motivo, es de gran importancia identificar, medir, mitigar y controlar el riesgo crediticio que presenta cada individuo al momento de solicitar una nueva operación.

Con el fin de medir e identificar el riesgo crediticio, este artículo de investigación tiene como objetivo construir un modelo scoring de probabilidad, puesto que es un sistema de evaluación crediticia que valora automáticamente el riesgo asociado de una solicitud de crédito en condiciones de certidumbre (Puertas & Martí, 2013).

En este estudio, entendemos al riesgo de crédito como la probabilidad de que los clientes no puedan cumplir con sus compromisos de forma parcial o total por falta de liquidez al vencimiento.

Para reducir el riesgo crediticio, es decir, la recuperación de cuentas por cobrar, se recomienda analizar la industria en la que participan los clientes, el comportamiento histórico y las capacidades potenciales de pago de acorde a sus capacidades económicas (Urbina, 2019).

Según Largo (2015), una cartera de créditos es un conjunto de documentos que protegen a los activos financieros de la persona que solicita un crédito, el mismo que está bajo el poder del ofertante. Tomando en consideración la definición del autor podemos deducir que una cartera de créditos es el activo más importante debido a que es el mayor generador de rentabilidad para una empresa, por lo que una incobrabilidad o el incumplimiento de los individuos ya sean empresas o personas, considerado como riesgo crediticio, pondrían en peligro el patrimonio de la empresa.

La puntuación de crédito es cualquier sistema de evaluación de crédito que permite a los prestamistas evaluar que tan bien maneja las obligaciones financieras las personas (Bank of America, 2022). El riesgo dependerá de la solvencia del deudor, el tipo de crédito, los plazos del cliente y otras características y operaciones, que definirán cada observación, es decir, cada solicitud de crédito. Solo cuando la entidad ejecutora de la entidad de crédito actúe como mediador o intermediario, o cuando el crédito cuente con una garantía estatal, la operación crediticia no será riesgosa.

En general, la gestión crediticia requiere de información que asegure la viabilidad económica y financiera de la organización, y para ello debe contar con procesos adecuados que permitan generar mecanismos de orientación y corrección. En este caso se señaló que los indicadores financieros representan un conjunto de interrelaciones que pueden evaluar la liquidez, solvencia, eficiencia operativa, deuda, desempeño y rentabilidad de una organización.

Al comienzo de su establecimiento, el sistema de calificación crediticia se construyó sobre la base de técnicas estadísticas, especialmente el uso de métodos de análisis discriminatorios. Posteriormente, estos modelos se enriquecieron con las matemáticas, la econometría y la tecnología de inteligencia artificial. En cualquier caso, la construcción de un modelo de calificación crediticia requiere la inclusión de información interna y externa de los clientes en su solicitud de crédito.

El artículo está estructurado de forma secuencial, en donde se redactará con bases científicas las teorías relacionados al Modelo Credit Scoring, modelo de probabilidad lineal y modelo Logit. Posteriormente se desarrollará la metodología que se utilizará y, por último, los resultados y conclusiones del modelo.

En la situación actual, los avances tecnológicos han logrado que los países de la periferia soporten sus decisiones de riesgo crediticio, tomando como base modelos matemáticos que estimen la probabilidad de no pago a partir de comportamientos y características del individuo (Cantón, Rubio, & Blasco, 2010).

Por tal razón, resulta importante apoyar las decisiones con un modelo explicativo que contribuya a los sectores pequeños y medianos, que no sean exclusivos para sectores bancarios, tales como es el segmento de las cooperativas, mutualista, cajas de ahorros y otros entes no formales; siendo este estudio un aporte y evidencia de la extensión de este tipo de modelos y su alcance en un escenario de limitaciones de acceso a la información crediticia y asertividad en la respectiva colocación de crédito bajo una mitigación de riesgo.

Modelo Credit Scoring

El modelo credit scoring es un sistema de calificación crediticia cuyo resultado es la previsión de comportamiento de pago. El modelo de calificación crediticia también se conceptualiza como un método cuantitativo para predecir la probabilidad de que un solicitante de préstamo posponga o deja de cumplir con las obligaciones.

El termino scoring se refiere al uso del conocimiento sobre el desempeño y las características de préstamos antes otorgados que sirven como método para predecir el desempeño de otorgar préstamos a futuro. Scoring estadístico es el uso de conocimientos cuantitativos sobre el desempeño y las características de préstamos pasados registrados en una base de datos para predecir el desempeño futuro de los préstamos.

El sistema de calificación crediticia puede tomar decisiones automáticamente para otorgar o denegar alguna operación de crédito, utiliza información cualitativa y cuantitativa sobre préstamos de crédito.

Existen varias formas de medir la probabilidad de incumplimiento, uno de los principales problemas que surgen al elegir un determinado modelo es la disponibilidad y calidad de la información (características crediticias, información del cliente, garantías, experiencia de pago, economía ambiental) (Espín & Rodríguez, 2013).

Los primeros modelos de calificación crediticia se desarrollaron en la década de 1970 y se utilizan ampliamente aprovechando el avance tecnológico y las herramientas estadísticas, en la década de los noventa. Lara (2010) realizó un estudio sobre las técnicas de calificación crediticia y las dividió en modelos paramétricos y modelos no paramétricos. En el modelo paramétrico, el autor citó modelos lineales (análisis discriminante y modelos de probabilidad lineal). Y técnicas no lineales (modelo logit y modelo probit). La programación lineal, los árboles de decisión y las redes neuronales se construyen con métodos no paramétricos. A continuación, se presentan breves conceptos sobre cada una de las tecnologías anteriores.

La Técnica del Credit Scoring

Credit Scoring permite la cuantificación de la probabilidad de incumplimiento (o cumplimiento) de un individuo analizado, esta técnica requiere el uso de métodos cuantitativos, entre los más conocidos se encuentran los métodos estadísticos paramétricos o no paramétricos (Torrico, 2014).

Una medida de cumplimiento o incumplimiento debe ser diseñada por las personas analizadas y la información debe ser recolectada, para fines de modelado, se representan como variables binomiales discretas con los valores 1 y 0.

Una vez recopilada la información, debe modelarse utilizando una técnica cuantitativa que incluya:

- Paramétrica, que requiere supuestos sobre la información

- Logit (que es el más utilizado)
- Probit
- Log- Log
- Probabilidad Lineal

- No paramétrica, que no requiere supuestos sobre la información

- Redes Neuronales
- Algoritmos genéticos
- Análisis de vecindarios cercanos

Una vez aplicada la técnica, es necesario que la aplicación tenga un conocimiento profundo del contexto en el que se creó el modelo, que suele estar definido en las premisas del modelo, ya que utilizar el modelo desarrollado en un contexto inadecuado puede resultar perjudicial.

Modelos de Probabilidad Lineal

El modelo de probabilidad lineal utiliza el método de regresión de mínimos cuadrados, donde la variable dependiente (variable dummy) toma el valor de uno (1) si un cliente no cumple con sus pagos, o el valor cero (0) si el cliente cumple con su obligación de pago. La ecuación de regresión es una función lineal de las variables explicativas (Lara, 2010).

El modelo de probabilidad lineal considera el modelo de regresión lineal clásico porque la relación que se establece entre las variables es lineal:

$$Y_I = \beta_0 + \beta_1 X_{1I} + \beta_2 X_{2I} + \dots + \beta_K X_{KI} + \varepsilon_I$$

Modelo Logit o Logístico

Logit es un modelo de elección discreto más simple y más utilizado. Es popular porque la fórmula de probabilidad de elección tiene una expresión cerrada y se explica fácilmente.

El modelo de regresión logística permite calcular la probabilidad de que un cliente pertenezca a uno de los grupos a priori (no pagador o pagador). Al clasificar se debe tener en cuenta el comportamiento de una serie de variables independientes para cada valor de observación. La principal ventaja del modelo de regresión logística es que no es necesario realizar supuestos iniciales, como la normalidad de la distribución de las variables y mejorar el tratamiento de variables cualitativas o categóricas. Además, la ventaja de este modelo es que la posibilidad de incumplimiento se puede medir manteniendo las variables explicadas en el rango de variación entre cero y uno (Pantoja, 2016).

El modelo Logit o Logístico proporciona la probabilidad de que una determinada observación pertenezca a un determinado grupo y conozca el valor de la variable independiente de la observación. La ecuación del modelo es la siguiente:

$$P_j = \frac{e^{z_j}}{1 + e^{z_j}}, \text{ sabiendo que } Z_j = B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_P X_P$$

O, lo que es lo mismo:

$$\text{Log} = \left(\frac{p_j}{1 - p_j} \right) = B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p$$

donde:

X_p = Variables independientes, $p=1, \dots, n$

B_p = Coeficientes estimados o pesos de cada variable, $p=1, \dots, k$

Z_j = Puntuación del individuo o de la observación $j=1, \dots, k$

P_j = Probabilidad del individuo j , de pertenecer a un grupo.

Riesgo Crediticio

Es la posibilidad que sufran pérdidas por incumplimientos del prestatario o contraparte en negocios directos, indirectos o derivados, lo que significa impago, pago parcial o no posibilidad de pago de la deuda pactada.

El riesgo se puede definir como: el impacto o impacto económico actual o potencial (aún no realizado) causado por posibles eventos adversos que se originan por causas internas o externas y pueden ser accidentales o deliberados. Estos eventos van deteriorando los resultados esperados (Álveo, 2011).

Esta connotación se centra en el riesgo porque pueden ocurrir eventos inciertos (amenazas), accidentales y económicamente desfavorables; ésta es una combinación de probabilidad e impacto (grado de daño). Todas las actividades conllevan riesgos, deben aceptarse, mitigarse, transferirse o evitarse, pero no pueden eliminarse (Lagua, 2015).

Factores de Riesgo

Los factores de riesgo son situaciones o circunstancias que aumentan la posibilidad de un determinado riesgo y se pueden dividir en factores internos y factores externos. Los factores internos están directamente relacionados con la gestión de la organización, por lo que son más predecibles y controlables de acuerdo con las capacidades de gestiones de alta dirección de la organización. Uno de los factores más importantes es la decisión de suavizar la política crediticia. La agresividad es el mayor riesgo de la política crediticia es que la cartera de inversiones se concentra en unos pocos negocios crediticios, falta de control o control mínimo en el proceso crediticio, y escaso personal, capacidad de gestión, compromiso y comprensión del área de negocio, acciones intencionadas, etc. (Lagua, 2015).

Marco Regulatorio ecuatoriano sobre Gestión de Riesgos

El Marco regulatorio ecuatoriano para la gestión de riesgos financieros está dictaminado por la Superintendencia de Bancos y Seguros. La base de la norma es el libro I: Normas Generales para la aplicación de la Ley General de Instituciones del Sistema Financiero, específicamente el Título X: De la Gestión y Administración de Riesgos (Superintendencia de banco y seguros, 2010).

Revisión de literatura

En el presente artículo de investigación se procedió a la revisión y recopilación literaria de estudios realizados de la temática que se expone, estudios que se detallan a continuación.

En el trabajo titulado Modelo credit scoring en una entidad micro financiera, que permite a los solicitantes calificados obtener microcréditos, el modelo se basa en un modelo de regresión logística. La evaluación del modelo incluye la aptitud medida por las estadísticas de Hosmer Lemeshow, el poder predictivo medido por R^2 y la discriminación medida por la curva COR y el área bajo la curva COR. El modelo se desarrolló utilizando la información del cliente desde agosto de 2008 hasta julio de 2009, desde agosto hasta octubre de 2009 para probar la validez del pronóstico. Los resultados de la

verificación reflejan la buena correspondencia del modelo y la tasa de éxito general es del 83% (Colonia, 2012).

El trabajo titulado Análisis de riesgo crediticio, propuesta del modelo credit scoring, corresponde a una empresa dedicada a la producción, venta y distribución de productos asfálticos en el sur de Chile. La mencionada empresa no desea revelar su nombre y la denominamos Fantasía S.A. por este motivo. En los últimos años, las ventas de Fantasía han logrado un crecimiento significativo, seguido de una disminución en los niveles de liquidez y una disminución en la calidad de las cuentas por cobrar. Sin embargo, dada la política de liberalización de las cuentas por cobrar, el aumento de las cuentas por cobrar está relacionado con el supuesto mayor riesgo de cobranza.

Además, Fantasía S.A. no cuenta con un sistema de gestión crediticia objetivo y no puede evaluar adecuadamente la calidad y las capacidades crediticias de sus clientes actuales y potenciales. Por ello, este artículo propone a Fantasía un modelo de evaluación crediticia para sus clientes actuales y potenciales, que ha sido ajustado y ponderado de acuerdo a las condiciones reales, reduciendo así el riesgo de crédito o insolvencia. Este trabajo consideró la descripción del modelo de evaluación crediticia, especialmente la descripción del modelo de calificación crediticia. Mediante entrevistas a expertos se definen las variables cuantitativas y cualitativas clave a considerar en el proceso de gestión crediticia.

En cuanto a la calidad del modelo de evaluación crediticia propuesto, mostró que el 81,82% de los préstamos otorgados a los clientes superaron el nivel mínimo de evaluación o aprobación de la empresa (Leal, Aranguiz & Gallegos, 2017).

Según Laguna (2015), una gestión adecuada del riesgo de crédito puede permitir que las cooperativas de crédito logren rentabilidad y sostenibilidad. Durante la fase de diagnóstico, se ha determinado que uno de los temas más importantes que enfrentan estas organizaciones son las altas tasas de morosidad, que pueden generar desconfianza en los clientes y, en algunos casos, el eventual cierre de las agencias de control.

Otra forma de mejorar el desempeño de la cartera de préstamos es aplicar modelos estadísticos, que pueden superar la subjetividad en la toma de decisiones crediticias. Esta investigación tiene como objetivo utilizar herramientas estadísticas de regresión logística binaria (que pueden extraer conocimiento de bases de datos) para diseñar un modelo de calificación crediticia para la gestión del riesgo crediticio en carteras de microempresas. La eficiencia del modelo se verifica utilizando la bondad de las herramientas de ajuste odds, matriz de clasificación, análisis de sensibilidad y aplicación del modelo a casos reales) e información estadística, que ayuda a comprender el pronóstico alcanzado por el modelo.

Para el caso de estudio se seleccionó una institución del sistema financiero popular y unido de la zona central del país, que brindó una base de datos de 5.078 créditos otorgados durante el período 2010-2014. Los resultados obtenidos permiten la calificación automática y segura de las solicitudes de crédito. Hay que aclarar que estos modelos no reemplazan el trabajo de los oficiales de crédito, solo constituyen herramientas de apoyo para la emisión de préstamos.

En el trabajo titulado Diseño de un scoring de crédito para la Cooperativa de Ahorro y Crédito "Crediamigo" LTDA. Cantón Loja - Provincia de Loja, la empresa brinda servicios financieros a sus empleados y clientes, incluyendo préstamos al consumo y préstamos a microempresas que utilizan garantías personales y garantías hipotecarias. Si bien se administran de manera efectiva a través de procesos y devoluciones de fondos, se diferencian del pago por el sujeto del crédito. La calificación no es alta. Mantiene más del 8% de la cartera de inversiones problemática. Por definición, las pérdidas por impago no pueden transferirse y, por lo tanto, son absorbidas por el patrimonio de la institución. Por tanto, el propósito de este trabajo es asegurar la Cooperativa de Ahorro y Crédito Crediamigo Ltda. Mediante la implementación de un modelo de puntuación de calificación de cartera para sus afiliados, logre en primer lugar, a través del análisis estadístico detallado de la base de datos institucional, conocer

las variables y factores de riesgo crediticio que afectan el normal funcionamiento de la empresa y tomar las medidas necesarias para identificar; medir, mitigar y controlar el riesgo crediticio (González, 2015).

En el trabajo Modelos para otorgamiento y seguimiento en la gestión de riesgo de crédito realizado por Millán y Caicedo (2018), se buscó implementar 3 modelos para la clasificación de solicitantes de créditos; adicional a esto ellos usaron 14 variables que informaban sobre las características socioeconómicas del prestatario y las características propias de la operación crediticia. Con esta investigación previa se pudo corroborar que las variables usadas en el trabajo presente son de características homogéneas, dando un resultado óptimo y esperado.

El siguiente trabajo, titulado Diseño de un modelo de credit scoring aplicado a créditos recurrentes para una Caja Municipal, cubre y nos permite comprender un tema importante en el negocio de las entidades financieras, que es la evaluación y gestión estratégica de los riesgos crediticios en el proceso de concesión de créditos. Hay dos razones principales para este problema. En primer lugar, los clientes desean obtener préstamos rápida y fácilmente. En segundo lugar, porque las entidades financieras pueden tomar medidas para satisfacer este deseo. Para poder gestionar el riesgo de estar inmerso en este proceso, es necesario adoptar una solución que pueda generar un proceso rápido y eficaz, lo cual sea beneficioso tanto para el cliente como para la organización, por lo que se recomienda como objetivo de esta investigación: diseñar un modelo matemático de puntaje crediticio. Es adecuado para otorgar crédito a clientes habituales de bancos municipales. Esto se logra seleccionando las características socioeconómicas y financieras del cliente. Utilizo el método de simulación del sistema para obtener los datos necesarios para obtener el modelo a partir de los datos generados aleatoriamente. Estos datos se procesan mediante un software estadístico llamado Eviews. Además del conocimiento de estadística y econometría, el software también puede generar, analizar y seleccionar variables exógenas que finalmente conducen al modelo logit. La tasa de predicción correcta es del 55,30%. El ajuste es pobre, pero tiene una variable final confiable porque su efecto marginal está en línea con las expectativas. Dado que no se obtiene a través del análisis de datos reales, el modelo no puede ser considerado como un modelo confiable del verdadero proceso de otorgamiento de crédito (Navarro, 2015).

En el presente trabajo, titulado Modelo scoring para recuperar cartera de microcrédito, se menciona la construcción de un modelo Scoring para establecer la probabilidad de pago del cliente cuando se encuentra en mora, dirigido al sector micro crediticio, buscando una herramienta con la que se pueda formalizar la cartera de una manera eficiente, reduciendo los costos e incrementando el nivel de recuperación. A fin de cumplir este objetivo se cuenta con una base de 6 meses (abril- septiembre del 2018), con la que se generan 4 modelos diferentes: regresión logística, regresión probit, árboles de decisión y redes neuronales. Se mide el porcentaje de error en cada uno de ellos, dando como resultado que el porcentaje menor el generado por medio de árboles de decisión con un 11,3 %, dicho modelo refleja un ajuste adecuado, mostrando un nivel de predictibilidad acertado. En cuanto a los modelos restantes ninguno cuenta con un porcentaje mayor al 12,5 %. Por ello y por medio de la regresión logística se determina que la garantía, el género y la mora al momento de evaluación son las variables con mayor incidencia en el no pago de los clientes (Rodríguez, 2018).

De la misma manera Rodríguez, Rendón, Trespalacios y Jiménez (2022), mencionan en su trabajo que los modelos de tipo credit score permiten a los analistas de crédito la cuantificación de los riesgos que implican las operaciones de crédito; estos modelos buscan inferir en la posibilidad de impago de un afiliado.

2. Metodología

En el presente trabajo de titulación, se adoptó el tipo de investigación bibliográfica porque se realizó un análisis exhaustivo y se revisaron los documentos de la empresa SEGUMAR S.A. Reflejados en libros,

estos libros aportaron con información analítica. También se empleó la investigación de campo que permite obtener información directamente de las variables de estudio de la investigación.

El diseño de investigación que se utilizó fue no experimental porque no se manipularon las variables de investigación durante el proceso de investigación.

El enfoque cuantitativo parte de una idea y tiene como objeto seleccionar información numérica sobre diversas variables que han sido previamente analizadas, para poder sistematizarlas con el fin de obtener una realidad de acuerdo al problema que se está investigando.

El tipo de investigación es descriptiva porque describe la situación de riesgo crediticio.

Variables dependientes

Clase, que es una variable dicotómica que se utiliza para referirse a clientes "buenos" con un valor de 0 y clientes "malos" con un valor de 1.

Variables independientes

Las Características de los clientes: Edad, Historia Crediticia, Estado civil, Tipo de Vivienda, Teléfono Registrado, Género, Duración de Trabajo.

Población

Los datos corresponden a fuentes secundarias, como la cartera de clientes de la empresa SEGUMAR S.A en el periodo de tiempo comprendido de abril del 2020 a enero del 2021.

Muestra

Para la determinación de la muestra, se estableció un criterio de inclusión necesario que permitió resolver los objetivos planteados con anterioridad, que son:

- Crédito otorgado entre abril del 2020 y enero del 2021.
- Poseer la totalidad de información relacionado a: historia crediticia, duración de trabajo, género, estado civil, edad, tipo de vivienda y teléfono.
- Número de casos de créditos impago-aproximados a los créditos pagados, con el objetivo de evitar problemas de inexactitud por problemas por el tamaño de los grupos (Cantón, Rubio, & Blasco, 2010).

Los casos seleccionados son solo los que tuvieron toda la información necesaria para el estudio, eliminando el resto de los casos que no aporta información seleccionada para el desarrollo del modelo.

Después de discriminar la información de la base de datos, se obtuvo un número total de 134 créditos otorgados que proporciona la totalidad de información necesaria para el estudio entre el periodo estipulado.

La posterior elaboración de número de muestra se dio tomando un criterio del 95% de nivel de confianza con un margen de error de 5%, dando como resultado a un número de muestra de 100 datos.

Tipo de muestra

Para la selección de los casos, se utilizó una muestra aleatoria simple, donde se le asignó un número en orden a los 134 casos y luego con la generación de números aleatorios, se seleccionaron los casos correspondientes a la muestra con un criterio del 95% de nivel de confianza.

Estudios como el de Araújo, Carmona, & Amorim (2007), utilizan una muestra aleatoria simple, realizó un modelo credit Scoring con 200 datos divididos en dos grupos iguales identificados como mora y morosos las cuales son características de los individuos, para posteriormente establecer un modelo de riesgo crediticio.

Técnica de Recolección de Datos

La técnica que se empleó en este trabajo de investigación es a través de fuente secundaria; la fuente de estos datos se encuentra en la cartera de clientes de la empresa SEGUMAR S.A, de las que se seleccionó información numérica, para la resolución de las variables y objetivos planteados.

Para un efectivo procedimiento e interpretación de datos se procedió a utilizar técnicas estadísticas, para el desarrollo de cuadros y gráficos, se utilizó el programa Gretl con un nivel de confianza del 95%. El análisis y la interpretación de los cuadros y gráficos estadísticos permiten formular las respectivas recomendaciones de acuerdo a los resultados reflejados.

Estadística Descriptiva e Inferencial

Se realizó un modelo Scoring de tipo paramétrico donde el modelo Logit permite calcular la probabilidad de que un individuo pertenezca o no a uno de los grupos establecidos a priori. La clasificación se basa en el comportamiento de una serie de variables independientes, que son las características de cada persona. Éste es un modelo de elección binaria en el que la variable dependiente tomará el valor 1 o 0. En nuestro problema, el valor depende de si el individuo ha cumplido con su obligación crediticia.

El modelo Logit permite obtener estimaciones de la probabilidad de un suceso e identificar los factores de riesgo que determinan dichas probabilidades. La modelización Logit es similar a la regresión tradicional, salvo que utiliza como función de estimación la función logística, lo que permite por un lado obtener la estimación de probabilidad, pero al tratarse de un análisis de regresión, permite identificar las variables más relevantes.

En este caso se va a elegir un modelo Logit, es decir, cuando el número de alternativas son dos y son excluyentes entre sí. El modelo presenta las siguientes características: la variable dependiente es binaria y toma sólo dos valores y las variables independientes, que pueden ser cualitativas o cuantitativas y al final arroja un vector de parámetros con valores numéricos, que son los coeficientes para cada una de las variables explicativas. De aquí se puede obtener que a cada valor del vector de parámetros le corresponde una variable explicativa, al tenerse en cuenta todas en conjunto y dar valores a cada una de las variables independientes contenidas en el modelo definitivo, se obtiene el valor de la probabilidad de que un individuo posea la característica de interés estudiada en el modelo.

La ecuación del modelo es la siguiente:

$$P_j = \frac{e^{z_j}}{1 + e^{z_j}}, \text{ sabiendo que } Z_j = B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p$$

O, lo que es lo mismo:

$$\text{Log} = \left(\frac{p_j}{1 - p_j} \right) = B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p$$

donde:

X_p = Variables independientes, $p=1, \dots, n$

B_p = Coeficientes estimados o pesos de cada variable, $p=1, \dots, k$

Z_j = Puntuación del individuo o de la observación $j=1, \dots, k$

P_j = Probabilidad del individuo j , de pertenecer a un grupo

3. Resultados

3.1. Descripción de la Base de Datos

La base de datos que se utilizó fue la cartera de clientes de la empresa SEGUMAR S.A., la cual consiste en la información de 100 personas solicitantes de un crédito y se incluye en la medición de 7 variables para cada persona. Cada solicitante se clasifica en una de dos categorías posibles, "buen cliente" (70 casos) o "mal cliente" (30 casos).

Se desarrolla una regla de calificación crediticia que determina si un nuevo solicitante es un cliente "bueno" o "malo" según el valor de una o más variables explicativas generadas por el modelo final. Las variables a considerar se describen a continuación:

Tabla 1. Descripción de la Base de Datos.

No.	Nombre de la variable	Descripción	Tipo de variable	Descripción
1	Clase	Clasificación de los solicitantes	Catagórica (Binaria)	1 = Malo 0 = Bueno
2	Historia crediticia	Historial crediticio por cada cliente	Catagórica	0 =No tiene créditos 1 =Todos los créditos pagados debidamente 2 = Créditos existentes debidamente pagados hasta ahora 3 = Retraso en el pago 4 =Cuenta crítica
3	Duración en trabajo	Años en el trabajo actual	Catagórica	1 =Desempleado 2 =Menos de 1 año 3 =Entre 1 y 4 años 4 =Entre 4 y 7 años 5 =Mayor o igual a 7 años
4	Género y Estado civil	Categorías en las que se clasificaron a los clientes de acuerdo a su género y estado civil	Catagórica	1 =Hombre Divorciado\Separado 2 =Mujer Divorciada\Separada\Casada 3 =Hombre soltero 4 =Hombre Casado\Viudo 5 =Mujer Soltera
5	Edad	Edad a la que el cliente solicitó el crédito	Numérica	
6	Tipo Vivienda	Tipo de vivienda en la que reside el cliente	Catagórica	1 =Alquilada 2 =Propia
7	Teléfono	¿Tiene el cliente número de teléfono registrado bajo su nombre?	Binaria	1 =No 2 =Sí

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se puede observar cómo se detalla el estado civil combinado con el género (variable ya configurada en la base de datos de esa manera) de acuerdo a clientes "Buenos" y "Malos", los datos

se concentran en las categorías Mujer: Divorciada/Separada/Casada, siendo el doble en clientes “Buenos” y también en Hombre: Soltero, siendo en mayor cantidad en los clientes “Buenos”.

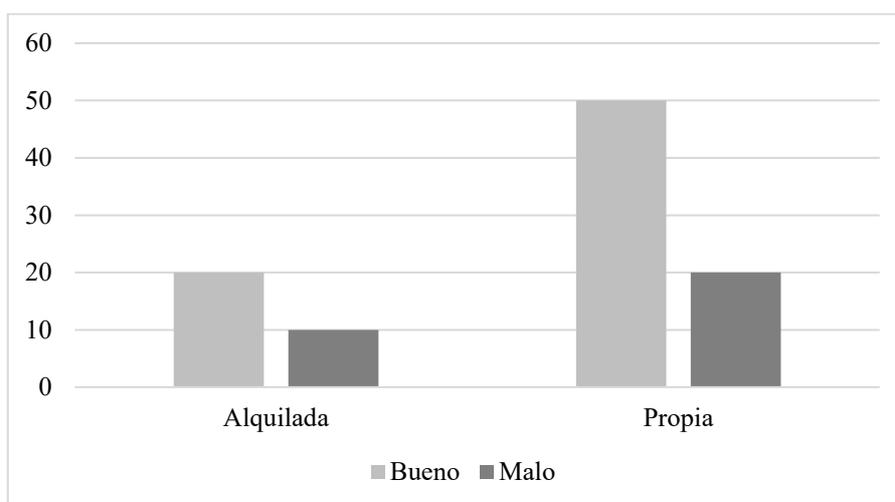
Tabla 2. Género-Estado Civil.

	Clase		Total
	Malo	Bueno	
Hombre: Divorciado/soltero	3	3	6
Mujer: Divorciada/Separada/Casada	12	20	32
Hombre: Soltero	14	40	54
Hombre: Casado/Viudo	2	6	8
Total	31	69	100

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra la variable tipo de vivienda, que cuenta con dos categorías (Alquilada y Propia), teniendo la mayor concentración de los datos en la categoría de Propia para ambas clases, pero con mayor proporción dentro de los clientes “Buenos”.

Figura 1. Tipo de Vivienda.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se observa que la variable Duración en el trabajo actual, que consta de 5 categorías, en los clientes “Malos” se tiene mayor concentración en la categoría de Entre 1 y 4 años, seguido por Menos de un año; dentro de los clientes “Buenos” la mayor concentración de datos está en la categoría Entre 1 y 4 años, pero a esta categoría le sigue la de Mayor o igual a 7 años.

Tabla 3. Duración en el trabajo.

	Clase		Total
	Malo	Bueno	
Desempleado	2	3	5
Menos de 1 año	7	13	20
Entre 1 y 4 años	12	23	35
Entre 4 y 7 años	3	13	16
Mayor o igual a 7 años	6	18	24
Total	30	70	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se puede observar la variable Historia Crediticia, que tiene 5 categorías, y tanto los clientes “Malos” como los “Buenos” se encuentra más de la mitad de ellos dentro de los Créditos existentes debidamente Pagados hasta ahora.

Tabla 4. Historia Crediticia.

	Clase		
	Malo	Bueno	Total
No tiene créditos tomados	2	1	3
Todos los créditos pagados debidamente	2	2	4
Créditos existentes debidamente pagados hasta hora	16	40	56
Retraso en el pago	2	6	8
Cuenta crítica	5	24	29
Total	5	73	100

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Selección de Variables Aplicadas al Modelo

Variable dependiente

La variable dependiente del modelo se llama Clase, que es una variable dicotómica que se utiliza para referirse a clientes "buenos" con un valor de 0 y clientes "malos" con un valor de 1.

Variable independiente

Las variables independientes seleccionadas de acuerdo con las características de la base de la empresa SEGUMAR S.A, son:

- **Historia Crediticia.** Está conformada por 4 categorías en donde se muestra si el cliente ha tenido otros créditos:

0 = No tiene créditos tomados debidamente.

1 = Todos los créditos pagados debidamente.

2 = Créditos existentes debidamente pagados hasta ahora.

3 = Retraso en el pago.

4 = Cuenta crítica

- **Duración en el trabajo.** Está conformada por 5 categorías:

- 1 = Desempleado.
- 2 = Menos de 1 año.
- 3 = Entre 1 y 4 años.
- 4 = Entre 4 y 7 años.
- 5 = Mayor o igual a 7 años

- **Género y Estado Civil.** Está conformada por 5 categorías:

- 1 = Hombre: Divorciado/Separado.
- 2 = Mujer: Divorciada/Separada/Casada.
- 3 = Hombre: Soltero.
- 4 = Hombre: Casado/ Viudo.
- 5 = Mujer: Soltera.

- **Tipo de Vivienda.** Está conformada por 2 categorías:

- 1= Alquilada
- 2= Propia

- **Teléfono.** Está conformada por 2 categorías:

- 1= Sí
- 2= No

3.3. Estimación del Modelo en Gretl

Para construir el modelo se utiliza la base de datos de la empresa SEGUMAR S.A, teniendo como variable dependiente a la variable Clase, para los clientes incumplidos está la etiqueta de Malos con un valor de 1, y para los clientes cumplidos como Buenos con el valor de 0; incluyendo la lista de variables independientes.

$$P_j = \frac{e^{z_j}}{1 + e^{z_j}}$$

Clase(0: Buencliente; 1: Mal Cliente)

$$= -0,442219 \text{ Historia Crediticia} - 0,239800 \text{ Duración de Trabajo} \\ + 0,264952 \text{ Género y Estado civil} - 0,339963 \text{ Vivienda} + 0,00217914 \text{ Edad}$$

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados del Modelo Logit:

Media de la vble. dep.	0,300000	D.T. de la vble. dep.	0,460566
R-cuadrado de McFadden	0,361218	R-cuadrado corregido	0,353374
Log-verosimilitud	-57,34683	Criterio de Akaike	128,6937
Criterio de Schwarz	146,9299	Crit. de Hannan-Quinn	136,0742

Número de casos 'correctamente predichos' = 76 (76,0%)
f(beta'x) en la media de las variables independientes = 0,461

Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(6) = 7,4792 [0,2788]

En la Tabla 5 se puede observar que el modelo logit tiene un tamaño muestral de 100 observaciones y además tiene una constante con un valor p asintótico de 0,4694 con un nivel de significancia del 5%, y sus variables independientes o explicativas como la historia crediticia tiene un valor p asintótico de 0,0749 con un nivel de significancia del 10%, Duración de Trabajo tiene un valor p asintótico de 0,2740 con una significancia del 1%, Género y Estado civil tiene un valor p de 0,5124 con una significancia del 1%, vivienda tiene un valor p asintótico de 0,1355 con un nivel de significancia

del 5%. Y la variable Clase queda explicada en un rango entre 27,88 % y el 36,12 % por las variables explicativas del modelo.

Tabla 5. Modelo Logit.

Modelo 1: Logit, usando las observaciones 1-100					
Variable dependiente: Clase					
Desviaciones típicas basadas en el Hessiano					
	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>valor p</i>	
const	1,39600	1,92964	0,7234	0,4694	**
Historia Crediticia	-0,442219	0,248279	-1,781	0,0749	*
Duración en el trabajo actual	-0,239800	0,219197	-1,094	0,2740	***
Género Estado Civil	0,264952	0,404482	0,6550	0,5124	***
Vivienda	-0,339963	0,227765	-1,493	0,1355	**
Edad	0,00217914	0,0217280	0,1003	0,9201	
Teléfono	-0,121791	0,518215	-0,2350	0,8142	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Predicciones.

		Predicho	
		0	1
Observado	0	68	2
	1	22	8

Fuente: Elaboración propia.

El número de casos correctamente predichos fue de 76 aciertos lo que representa un 76%.

4. Conclusiones

En primer lugar, el desarrollo de un modelo de calificación crediticia depende de la empresa y de los resultados esperados, pues según la investigación realizada, existen múltiples modelos disponibles, así como sus ventajas y desventajas, pues si bien esto es cierto, permiten que el riesgo pueda ser cuantificado como probabilidad; además debe ser consistente y claro; también requiere una serie de datos de alta calidad y amplia para poder ser más certeros.

Dado que no se logró obtener mayor información del que utiliza la empresa SEGUMAR S.A, para la toma de decisión en lo que se refiere a otorgarle o no un crédito a una persona bajo los criterios que utilizaron, únicamente se desarrolló el modelo planteado en el trabajo de titulación y utilizarlo en la comparación de los clientes de la base de datos que fue facilitada. Esto arrojó una predicción del modelo de un 76%, es decir, que el 76% de la categoría en la que se encuentran los clientes ya sean en incumplimiento o no, es la misma que muestra el modelo utilizado en esta investigación, específicamente el Logit.

Las variables que se utilizaron para hacer el análisis de crédito están referenciadas directamente al crédito tales como historia crediticia y se consideraron características propias del individuo como estado civil, edad y género, duración de trabajo, características que se consideraron importantes y relevantes para un Credit Scoring

Por otro lado, se evidencia que las variables usadas en este estudio son relevantes, ya que en otros estudios similares se usan variables socioeconómicas de los clientes y en base los hallazgos obtenidos se pueden considerar como cliente (bueno o malo) a tal caso de diligenciarle un crédito.

A nivel general, se concluye que el uso del Credit Scoring genera beneficios a la empresa, siempre y cuando se cuente con la información necesaria y confiable para el desarrollo del mismo.

Se concluye un aporte significativo para los sectores no formales de la actividad financiera en Guayaquil obteniéndose 76 clientes “buenos” de cada 100; lo que hace que este tipo de modelo sean confiables y válidos para la actividad; considerando aspectos restrictivos de la información asociada a cada individuo. No obstante, el nivel de adopción de riesgo es discrecional a la entidad.

Referencias

- Álveo, E. (2011). *Gestión integral de riesgo en bancos e instituciones financieras*. [Sitio web] <https://www.gestiopolis.com/gestion-integral-de-riesgo-en-bancos-e-instituciones-financieras/>
- Araújo, E., Carmona, C., & Amorim, A. (2007). Aplicação de modelos credit scoring na análise da inadimplência de uma instituição de microcrédito. *Revista Ciências Administrativas*, 13(1), 110-121. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475647703009>
- Bank of America (2022). *Mejores Hábitos Financieros*. <https://bettermoneyhabits.bankofamerica.com/es/credit/how-credit-score-is-calculated#:~:text=lograr%20el%20éxito,-¿Qué%20es%20un%20puntaje%20de%20crédito%3F,ha%20manejado%20sus%20obligaciones%20financieras.>
- Cantón, S., Rubio, J., & Blasco, D. (2010). Un Modelo de Credit Scoring para instituciones de microfinanzas en el marco de Basilea II. *Journal of Economics, Finance and Administrative*, 15(28), 84-124. doi:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-18862010000100005&lng=es&tlng=en.
- Colonia, D.V. (2012). *Válidez de pronóstico del modelo credit scoring en una entidad microfinanciera (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de Trujillo (Lima, Perú). <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10073/COLONIA%20IPARRAGUIRRE%20C%20Denis%20Vanesa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espin, O., & Rodríguez, V. (2013). Metodología para un scoring de clientes sin referencias crediticias. *32(137-162). Cuadernos de Economía*, 32(59), 137-162. https://www.researchgate.net/publication/262434088_METODOLOGIA_PARA_UN_SCORING_DE_CLIENTES_SIN_REFERENCIAS_CREDITICIAS
- González, X.V. (2015). *Diseño de un scoring de crédito para la cooperativa de ahorro y crédito "Crediamigo" LTDA (Tesis de maestría)*. Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Postgrados (Quito, Ecuador). <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5053/1/121568.pdf>
- Lagua, V.M. (2015). *Diseño de un modelo de credit scoring en la gestión de riesgo crediticio en la cartera de microempresa de las cooperativas de ahorro y crédito*. Pontificia Universidad Católica

- del Ecuador (Ambato, Ecuador).
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/1524/1/76061.pdf>
- Lara, J. (2010). *La gestión de riesgo de crédito en las instituciones de microfinanzas (Tesis Doctoral)* Univesidad de Granada (España).
<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/5648/18892656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Largo, M. (20 de Junio de 2015). *Contabilidad Bancaria y de Seguros*. [Entrada de blog] http://contabancariaseguros.blogspot.com/2015/06/3_47.html
- Leal, A.L., Aranguiz, M.A., & Gallegos, J. (2017). Análisis de Riesgo Crediticio. Propuesta del Modelo Credit Scoring. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1), 181-207.
<https://doi.org/10.18359/rfce.2666>
- Millán, J.C., & Caicedo, E. (2018). Modelos para otorgamiento y seguimiento en la gestión de riesgo de crédito. *Revista de Métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 25, 23-41.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6499643>
- Navarro, H. E. (2015). *Diseño de un modelo scoring aplicado a creditos recurrentes para Caja Municipal (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de Piura (Perú).
<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/674/IND-NAV-GUE-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pantoja, P.M. (2016). *Propuesta de un modelo logit para evaluar el riesgo crediticio en las Cajas Municipales de ahorro y crédito: Caso de la Caja Municipal de Huancayo, periodo 2011-2015 (Tesis de grado)*. Universidad San Ignacio de Loyola (Lima, Perú).
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9de9df94-ecc4-4dac-8e91-8ace940d16dd/content>
- Puertas, R., & Martí, M. (2013). Análisis del Credit Scoring. *Revista de Administração de Empresas*, 53(3), 33-315. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155127485011>
- Rodriguez, A.L. (2018). *Modelo scoring para recuperar cartera de microcrédito. (Tesis de maestría)*. Fundación Universitaria Los Libertadores (Bógota, Colombia).
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2082/Rodriguez_Angelica_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, D.E., Rendón, J.F., Trespalacios, A., & Jiménez, E.A. (2022). Modelación de riesgo de crédito de personas naturales. Un caso aplicado a una caja de compensación familiar colombiana. *Revista de Metodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 33, 29-48.
<https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/5146/5390>
- Superintendencia de banco y seguros (2010). *Libro I: Normas generales para las instituciones del sistema financiero*. https://www.superbancos.gob.ec/bancos/wp-content/uploads/downloads/2017/06/L1_X_cap_I.pdf
- Torrico, S.E. (2014). Macro credit scoring como propuesta para cuantificar el riesgo de credito. *Revista Investigación y Desarrollo* 2(14), 42-63
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312014000200004&lng=es&tlng=es.
- Train, K. (2009). *Métodos de elección discreta con simulación* (2ª ed.).
<https://eml.berkeley.edu/books/choice2nd/Combined.pdf>

Urbina, M. (2019). Riesgo de Crédito: Evidencia en el sistema bancario ecuatoriano. *Boletín de coyuntura*(23), 4-9. <http://dx.doi.org/10.31164/bcoyu.23.2019.842>



COVID19 Outbreak Impact on International Stock Markets Volatility Contagion

SOSA CASTRO, MAGNOLIA MIRIAM
Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Correo electrónico: msosac87@hotmail.com

ORTIZ, EDGAR
Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Correo electrónico: edgaro@unam.mx

CABELLO-ROSALES, ALEJANDRA
Universidad Nacional Autónoma de México (México)
Correo electrónico: acr2001mx@yahoo.com.mx

ABSTRACT

We analyze volatility contagion between the U.S. and Chinese stock markets and international capital markets. The volatility is modeled using: GARCH, TARCH, EGARCH, APARCH, IGARCH, FIGARCH, ACGARCH and GAS models under Gaussian, GED and t-Student distributions. 21,000 intraday observations of thirteen markets from January/1st to June/25th 2020 are employed. Once volatility is modeled, the incidence of Chinese and American markets on the rest of the bourses is tested employing Vector Autoregressive Markov Switching Models. Evidence confirms incidence of the Chinese and American capital markets volatility in other markets volatility; common breakpoints and Intermarket incidence in high volatility periods stand out.

Keywords: volatility contagion; Markov Switching Model; Garch Approach; Stock Markets; Covid 19.

JEL classification: G01, G15, F36, C57, C58.

MSC2010: 60JXX, 62HXX, 62P20, 39B55.

Impacto del estallido de COVID19 en la volatilidad de los mercados de capital internacionales

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar el contagio de volatilidad entre los mercados de valores estadounidense y chino y los mercados de capitales internacionales. Para lograr este propósito, la volatilidad se modela utilizando varios enfoques simétricos y asimétricos: GARCH, TARCH, EGARCH, APARCH, IGARCH, FIGARCH, ACGARCH y GAS bajo tres supuestos de distribución: Gaussiana, GED y t-Student. Se emplean 21.000 observaciones intradía de trece índices bursátiles para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2020 y el 25 de junio de 2020. Una vez modelizada la volatilidad, se comprueba la incidencia de los mercados chino y americano sobre el resto de mercados bursátiles empleando modelos MS-VAR.

Palabras clave: contagio en volatilidad; Modelo de cambio de régimen Markoviano; modelos GARCH; mercados Accionarios; Covid 19.

Clasificación JEL: G01, G15, F36, C57, C58.

MSC2010: 60JXX, 62HXX, 62P20, 39B55.



1. Introduction

Since its inception, the ongoing pandemic situation had an enormous social, economic, and financial impact all over the world. The COVID 19 crisis has had a local and international impacts: sharp unemployment increments, large contraction of industrial activity, tourism practically paralyzed, and international trade and investment weakened; all these economic effects contracted sharply global demand, affecting enterprises' productivity and output, as well as financial corporations returns.

Bad news, increasing uncertainty, negative expectations, and lower corporate profits generated widespread stock market crashing, in Paris and Frankfurt about 12% and London FTSE 11%, outstripping the depth of the Eurozone debt crisis. In March 2020, the Dow Jones had its worst day since 1987 (12.9%) and S&P 500 dropped 20% from a prior high (Lynch et al., 2020). The price of a barrel of oil collapsed by more than \$30 in the worst trading day since 1930 (Sheppar, Raval & Lockett, 2020).

In other financial markets, investors bought government bonds from UK, US and Germany considered as safe havens with low to negative interest rates. Currency markets suffered important depreciations, above all in emerging markets (The FRED® Blog, 2020), Brazil's and Mexico's exchange rates spiked, and their currencies depreciated 46% and 30%, respectively from January to May 2020. In the derivatives market, futures were in a contango situation.

Economic and monetary authorities and multilateral organisms have developed strategies intervening in financial markets, stimulating economies, and thus creating some certainty, reducing fear and nervousness among investors. The International Monetary Fund (IMF) has provided assistance since late March for \$250 billion, a quarter of its \$1 trillion lending capacity (IMF, 2020). It estimated that the global fiscal support neared \$9 trillion at the end of May 2020, the direct budget support was around \$4.4 trillion, and additional public sector loans, and equity injections, guarantees, and other quasi-fiscal operations amounted other \$4.6 trillion (Battersby, Lam & Ture, 2020).

Many studies have been advanced to deal with the financial and economic effects of COVID-19. McKibbin and Fernando (2020), Fernandes (2020), Ahmad, Haroon and Hui (2020), Dietrichel et al. (2020) examine the COVID-19 economic effects. Baldwin and Tomiura, (2020) and Vidya and Prabheesh (2020) analyze the implications of COVID-19 on trade. Apergis and Apergis (2020) investigate the impact on oil prices. Njindan (2020) and Iqbal et al. (2020) study the influence of COVID-19 pandemic on exchange rates.

Closely related with our study, Baker et al. (2020) find that government restrictions due to the COVID-19 pandemic generated a bigger effect, in the US stock market, than previous pandemics 1918-19, 1957-1958 and 1968. Al-Awadhi et al. (2020) evidence that the number of deaths and confirmed cases of COVID-19 had a negative impact on Chinese stock returns. Topcu and Gulal (2020) determines that Asian and European stock markets had the highest impact among emerging stock markets. Phan and Narayan (2020) argue that stock markets overreacted to unexpected news, when the information expanded and markets calmed down, the market corrected itself. Akhtaruzzaman, Boubaker and Sensoy (2020) found that financial firms were more contagious than nonfinancial firms and China and Japan transmitted more spillovers than they received during the COVID-19 crisis period.

Follow Bai et al. (2022), Bai et al. (2021), Goodell (2020), Liang et al. (2021, 2020), and Akhtaruzzaman et al. (2021), this study contributes expanding knowledge about the COVID19 financial effects transmission, using stock markets intraday data for thirteen economies, including developed and developing countries. The empirical approach includes volatility estimation employing GARCH and GAS models under three distributional assumptions. Once volatility is modeled, it is used to test whether Chinese and US market volatilities influenced the rest of the

markets or vice versa, through two regimes: high and low volatility; to test the two ways influence, MS-VAR model is used. Finally, MS-VAR probability results are analyzed to find common breaks and contagion periods.

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 describes the data and methodology, section three deals with the models results and their analysis. Finally, section shows the conclusions.

2. Data and Methodology

Our data consist of 21,000 intraday observations (one-minute frequency data is employed, on average 300 prices per day) of thirteen stock market indexes over the period January 1st, 2020 to June 25th, 2020. According to Barclay and Litzenberg (1988), intraday data permit more efficient estimation of the effects of new information on stock prices. Dionne, Duchesne & Pacurar (2009) emphasize that using intraday data also allows that the risk measure has a higher informational content.

The period selection was based on immediate COVID19 financial effects. Data were collected from Bloomberg. We define the intraday log-returns $r_t = \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$ and estimate the following GARCH models.

GARCH- type models employed

$$\text{GARCH } h_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}^2$$

$$\text{EGARCH } \log(h_t^2) = \omega + \alpha \left[\frac{|u_{t-1}|}{h_{t-1}} - \sqrt{2/\pi} \right] + \beta \log(h_{t-1}^2) + \delta \frac{u_{t-1}}{h_{t-1}}$$

$$\text{TARCH } h_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}^2 + \gamma u_{t-1}^2 I_{t-1}$$

$$\text{APARCH } h_t^\delta = \omega + \alpha (|u_{t-1}| - \gamma u_{t-1})^\delta + \beta h_{t-1}^\delta$$

$$\text{ACGARCH } q_t = \omega + \rho(q_{t-1} - \omega) + \theta(u_{t-1}^2 - h_{t-1}^2)$$

$$h_t^2 = q_t + \alpha(u_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \gamma(u_{t-1}^2 - q_{t-1})D_{t-1} + \beta(h_{t-1}^2 - q_{t-1})$$

$$\text{FIGARCH } h_t = \omega + [1 - (1 - \beta L)^{-1} (1 - \alpha L)(1 - L)^d] \varepsilon_t^2 \text{ where } 0 < d < 1$$

$$\text{IGARCH } h_t = \omega + [1 - (1 - \beta L)^{-1} (1 - \alpha L)(1 - L)^d] \varepsilon_t^2 \text{ where } d=1$$

Source: Based on Katsiampa (2017).

where h_t^2 is the conditional variance of u_t , and ω is a permanent component of h_t^2 . All the GARCH specifications are considered with innovations distributed as follows: Normal (Gauss), t-Student, and Generalized Error Distribution (GED).

According to diverse authors (Mwaniki, 2019; Segovia, Fernández-Martínez & Sánchez-Granero, 2019; Takahashi, Chen & Tanaka-Ishii, 2019; Nikolova et al., 2020), the empirical distribution of financial series is skewed, heavy-tailed, and displays volatility clustering. Hence, we also estimate GAS models under the same three distributions.

GAS models are based on the score function of the predictive conditional density of the stock index returns at time t. Two particular advantages of GAS models are: 1) these models allow

for GARCH or Auto-regressive Conditional Duration (ACD) specifications advanced by Engle and Russell (1998), and 2) time-varying parameters re-estimation avoids the problem of using an inadequate forcing variable when the correct specification is not evident (Troster et al., 2019).

The optimal model is chosen according to Akaike (AIC) and Hannan-Quinn Information Criteria. The selected model is the one with the minimum criteria and, the higher Log-likelihood value, ensuring statistical significance (*) and positive parameters (+) (Appendix, Table A.1).

GAS Model

Let F_{t-1} be the past information set of r_t up to $t-1$. Let $p(r_t; \theta_t)$ be the conditional distribution of the returns, $r_t | F_{t-1} \sim p(r_t; \theta_t)$, and let $\theta_t \in \Theta \subseteq N$ be a vector of time-varying parameters that completely identifies $p(\cdot)$. GAS model is described as follows:

$$\theta_{t-1} = \omega + A s_t + B \theta_t, \quad [1]$$

$$s_t = S_t(\theta_t) \frac{\partial \log p(r_t; \theta_t)}{\partial \theta_t} \quad [2]$$

where ω , A , and B are coefficient matrices, s_t is vector of scaled-score steps, and $S_t(\theta_t)$ is a positive-definite scaling matrix that adjusts the shaper of the score, for instance:

$$S_t(\theta_t) = E_{t-1} \left[\frac{\partial \log p(r_t; \theta_t)}{\partial \theta_t} \frac{\partial \log p(r_t; \theta_t)^t}{\partial \theta_t} \right]^{-1} \quad [3]$$

GAS approach is estimated under the same three distributions than GARCH models: Gauss, GED y t-Student.

Once, GARCH and GAS models are applied, variance series are used to model the two-ways impact of the US and China markets on the rest of the countries.

Markov Switching Vector Autoregressive

The MS-VAR developed by Krolzig (1997) is a multivariate generalization of the univariate Markov switching autoregressive model. The general concept behind this model is that the parameters of a VAR process are not static as linear approaches assume; specifically, parameters could be time-invariant whether a particular regime is maintained. However, the parameters change, if the regime does it (Pontines & Siregar, 2009).

The regime-generating process determining which regime s_t prevails at any point in time, is assumed to follow an ergodic Markov chain with a constant transition probability p_{ij} of the form

$$P_{ij} = P[S_t = j | S_{t-1} = i] \text{ with } \sum_{j=1}^2 P_{ij} = 1 \text{ for all } i, j \in \{1, 2\} \quad [4]$$

The procedure was applied to examine whether transmissions of shocks across countries intensified during the COVID19 immediate effects. Thus, we analyze the dynamic relationship between the Chinese and the US equity markets and other 13 stock markets. The MS-VAR model can be expressed as follows:

$$ch_t = \alpha_1 + \sum_{k=1}^l \alpha_{2j}(s_t) ch_{t-k} + \sum_{k=1}^l \alpha_{3j}(s_t) r_{t-k} + v(s_t) u_{ch,t} \quad [5]$$

$$r_t = \beta_1 + \sum_{k=1}^l \beta_{2j}(s_t) r_{t-k} + \sum_{k=1}^l \beta_{3j}(s_t) ch_{t-k} + v(s_t) u_{r,t} \quad [6]$$

$$us_t = \alpha_1 + \sum_{k=1}^l \alpha_{2j}(s_t) us_{t-k} + \sum_{k=1}^l \alpha_{3j}(s_t) r_{t-k} + v(s_t) u_{us,t} \quad [7]$$

$$r_t = \beta_1 + \sum_{k=1}^l \beta_{2j}(s_t)r_{t-k} + \sum_{k=1}^l \beta_{3j}(s_t)us_{t-k} + v(s_t)u_{r,t} \quad [8]$$

where ch_t and us_t represent the stock market volatility of the Chinese and American market, respectively, r_t is the volatility of the rest of the stock markets; u_t is the innovation process with a $v(s_t)$ variance which depends on s_t regime, which follows an ergodic Markov process with two regimes, defined by probability transition p_{ij} between those regimes.

The use of MS-VAR evades the arbitrary selection of the crisis episodes to one that endogenizes the process splitting up crisis from calm periods. Therefore, the discussion about the sample selection bias is evaded which other analyses of contagion are subjected to (Pontines & Siregar, 2009).

Finally, once the smooth probability of being in a high volatility period is obtained, a multiple structural breaks test is applied to identify the exact moment of regime change.

3. Results

Appendix A.1 presents descriptive statistics of the series; mean intraday returns are negative, skewed, leptokurtic, thus, non-normally distributed. Appendix A.2 shows ADF results, the null hypothesis is: series have unit root. In all the cases, the series are stationary.

GARCH model results are presented in Appendix A.3, APARCH model with t-Student innovations is the most suitable to model to capture the indexes behavior (seven of the thirteen series). APARCH model introduced by Ding et al. (1993) allows measuring asymmetric effects and non-normality, both are important characteristics of financial series.

To begin with the MS-VAR estimation, it is necessary to determine the lag length. Based on Likelihood Ratio (LR) tests of alternative lengths, a lag length of 1 was chosen to estimate the model. Secondly, the LR and AIC tests are applied to demonstrate that regime-switching behavior exists in the linkages of stock and exchange rate markets, the results are presented in Appendix A.4.

The evidence proves that LR tests reject the null hypothesis of no regime switching in the relationship between the stock market and exchange rate returns in all cases; it means that the alternative MS-VAR is the more-suitable model. The Akaike Information Criterion (AIC) also favors the MS-VAR model in all cases. Hence, MS-VAR is estimated, the results are in Tables 1 and 2.

Table 1. MS-VAR Results The US vs The Rest of the Countries.

Index	α_1	α_{21}	α_{22}	α_{31}	α_{32}	β_1	β_{21}	β_{22}	β_{31}	β_{32}	P_{11}	P_{22}	Average duration		Standard Deviation SYP		Standard Deviation Rest of the Countries	
													Regime 1	Regime 2	Regime 1	Regime 2	Regime 1	Regime 2
CAC	5.62E-08 *	0.981488 *	0.955490 *	0.001931 *	0.002559 *	1.08E-07 *	0.962836 *	0.972612 *	0.007154 ***	0.000559 **	0.867503	0.967988	7.547355	31.23814	-14.34475	-18.29103	-14.14528	-17.56287
DAX	5.76E-08 *	0.980184 *	0.955342 *	0.003438 *	0.002837 *	2.99E-08 ***	0.971863 *	0.963597 *	0.022705 *	0.000863 *	0.898985	0.942974	9.899541	17.53593	-14.34491	-18.29143	-14.03354	-17.6826
DJI	2.70E-08 *	0.903824 *	0.902992 *	0.068428 *	0.045191 *	9.21E-08 *	1.057556 *	0.956614 *	-0.095765 *	0.009388 **	0.90876	0.958976	10.96012	24.37591	-14.35182	-18.31722	-14.10742	-17.93267
FTSEMIB	5.26E-08 *	0.977585 *	0.956306 *	0.009365 *	0.001338 *	3.60E-08 ***	0.939677 *	0.945687 *	0.032287 *	0.000688 *	0.82258	0.966929	5.636333	30.23788	-14.34663	-18.29341	-13.59808	-17.29169
HSI	4.83E-08 ***	0.979158 *	0.957381 *	0.000274 *	1.87E-06 ***	3.21E-05 *	0.741978 *	0.79859 *	1.781209 *	0.132372 *	0.955637	0.942646	22.54151	17.43547	-14.34774	-18.2927	-9.075519	-11.8311
IBEX	4.67E-08 *	0.981087 *	0.958542 *	0.003765 ***	-0.00041	1.11E-07 *	0.976007 *	0.967969 *	0.015216 *	0.003292 *	0.902476	0.968714	10.25392	31.963	-14.25391	-17.9794	-14.04241	-16.95622
IBOV	5.90E-08 *	0.984346 *	0.957572 *	-0.000665 *	-0.00011 *	1.58E-07 ***	0.927007 *	0.882678 *	0.532268 *	0.006913 *	0.332303	0.915367	10.84816	21.36848	-14.34548	-18.28908	-10.4703	-16.62893
IPC	5.63E-08 *	0.984359 *	0.957501 *	-0.001166 *	-5.42E-05 ***	9.85E-07 ***	0.821947 *	0.822443 *	0.069184 ***	0.002871 *	0.342044	0.933408	1.519859	15.01693	-14.34657	-18.2919	-10.599	-17.46422
IPSA	5.64E-08 *	0.977548 *	0.957737 *	1.55E-06 *	-5.20E-08 **	0.001069 *	0.961729 *	0.981697 *	61.48942	3.304195 *	0.511527	0.962179	2.047197	26.44001	-14.34636	-18.2923	-4.696605	-10.00044
KOSPI	5.81E-08 *	0.982287 *	0.957014 *	2.55E-05	9.47E-05 *	2.35E-07	0.699357 *	0.682107 *	0.811459	0.003362 *	0.308086	0.942252	1.445267	17.31663	-14.346	-18.29446	-9.522355	-16.29162
MERVAL	5.80E-08 *	0.982372 *	0.957419 *	-4.89E-06	-1.28E-05	1.36E-05 *	0.790204 *	0.916323 *	-0.571385	0.00687 *	0.605582	0.970722	2.535381	34.15573	-14.3458	-18.29267	-9.049263	-15.56482
SPTSX	4.97E-08 *	0.987668 *	0.957816 *	-0.000842 *	-0.000173 **	2.00E-07	0.859977 *	0.861633 *	0.212196	0.010448 *	0.504476	0.933671	2.018066	15.07634	-14.35017	-18.29331	-9.728635	-17.29392
UKX	5.49E-08 *	0.984919 *	0.957546 *	-0.000459 *	0.000116	1.24E-06	0.797882 *	0.82922 *	0.112264	0.009229 *	0.504005	0.947069	-9.173971	-17.03397	2.01615	18.89237	-14.34817	-18.29315

Source: Own elaboration with estimation results. Reported values are statistical significance levels of * 1%, ** 5% and 10% ***. Standard deviations are reported in parentheses.

Table 2. MS-VAR Results China vs Rest of the Countries.

Index	α_1	α_{21}	α_{22}	α_{31}	α_{32}	β_1	β_{21}	β_{22}	β_{31}	β_{32}	P_{11}	P_{22}	Average Duration		SD China		SD Rest of the Markets	
													Regime 1	Regime 2	Regime 1	Regime 2	Regime 1	Regime 2
CAC	3.62E-05 *	0.741366 *	0.804733 *	1.155371	0.121568 **	3.78E-09 *	0.966964 *	9.73E-01 *	9.01E-05 *	6.70E-07 *	0.867869	0.968117	7.568252	31.36483	-8.97581	-11.7839	-14.14438	-17.56126
DAX	2.72E-05 *	0.778641 *	0.805947 *	1.071796 **	0.123237 **	5.16E-09 *	0.975421 *	9.66E-01 *	0.000165 ***	5.49E-06	0.536487	0.949398	2.157436	19.76198	-9.07091	-11.8089	-14.03782	-17.62098
DJI	3.14E-05 *	0.738259 *	0.808017 *	1.006833 *	0.12893 *	3.17E-09 *	0.979957 *	0.964883 *	0.000331 *	4.15E-07	0.90913	0.959051	11.00474	24.4206	-9.04687	-11.8036	-14.107	-17.93386
FTSEMB	0.756321 *	0.805448 *	-1.35218 **	0.080672 *	0.979957 *	5.69E-08 *	0.979957 *	0.964883 *	0.000331 *	4.15E-07	0.90913	0.959051	6.511538	28.97495	-8.96917	-11.7821	-13.59918	-17.3027
IBEX	2.62E-05 *	0.743917 *	0.806813 *	2.044662 *	0.107326 *	1.33E-07 *	0.981331 *	0.969697 *	-3.56E-05	6.81E-07	0.333718	0.91016	1.534784	11.13094	-9.05458	-11.801	-14.04042	-16.95669
IBOV	2.56E-06 *	0.754253 *	0.806822 *	-0.06857	-0.0031	1.28E-06 ***	0.941522 *	0.882862 *	0.000325	3.54E-05 *	0.348442	0.917953	1.500865	12.18811	-10.5052	-16.6831	-8.962804	-11.78088
IPC	2.40E-05 **	0.822875 *	0.804465 *	-0.34163 **	-0.00079	3.02E-07 *	0.826377 *	0.822641 *	0.001469 *	1.35E-05 *	0.370518	0.930862	1.588608	14.46381	-9.07785	-11.8145	-10.60786	-17.47398
IPSA	3.50E-05 *	0.772056 *	0.805505 *	-0.00055 *	1.70E-05 *	0.000295 *	0.970275 *	0.982306 *	4.04148 *	0.032777 *	0.510565	0.961735	2.043173	26.13333	-8.99823	-11.7902	-4.706088	-10.00551
KOSPI	1.86E-05 *	0.874387 *	0.804922 *	-0.16364 *	0.001252 *	2.50E-06	0.693124 *	0.682042 *	0.00248	6.33E-05 *	0.447704	0.948853	1.810623	19.55148	-9.08927	-11.8152	-9.448876	-16.19705
MERVAL	3.09E-05 *	0.787832 *	2.81E-06 *	-0.23549 *	-0.00754 *	9.71E-06 *	0.770343 ***	0.918584 *	0.040483 *	3.68E-05 **	0.605014	0.970464	2.531736	33.85753	-8.98353	-11.7841	-9.054393	-15.56718
SPTSX	3.71E-05 *	0.73051 *	2.67E-06 *	-0.04539	-0.00312	1.14E-05	0.851586 *	1.43E-08 *	-0.01214	3.73E-05 *	0.450127	0.942087	1.818601	17.26738	-9.01551	-11.7928	-9.05871	-17.12497
SPX	3.27E-05 *	0.717443 *	0.806629 *	1.796017 *	0.15499 *	5.65E-08 *	0.978828 *	0.957046 *	0.000285 *	9.54E-07	0.900753	0.951426	10.07586	20.58734	-8.9766	-11.784	-18.2977	-14.33503
UKX	2.90E-05 *	0.782628 *	2.81E-06 *	-0.07148 *	-0.00042 *	1.14E-05 *	0.826182 *	0.831567 *	-0.00808	9.12E-05 *	0.367763	0.950137	1.581685	20.05502	-9.0722	-11.8106	-9.009598	-16.9496

Source: Own elaboration with estimation results. Reported values are statistical significance levels of * 1%, ** 5% and 10% ***. Standard deviations are reported in parentheses.

Table 1 shows results for the US market. The standard deviation of the stock markets is lower in regime one (low volatility regime) than in regime two (high volatility regime), for all the markets. It indicates the presence of two different volatility regimes. Average duration results evidence that the high volatility periods lasts less than low volatility periods, which is consistent with the expected result; crisis periods are shorter than calm episodes.

The estimated coefficients capturing the impact of the international stock markets volatility on the US stock market volatility (α_{31} and α_{32}) are statistically significant, for almost all the market's volatility except for the Spanish, Korean, Argentinian and British economies, in other words, there is a significant effect of the international markets' volatility on the US market.

On the other hand, the coefficients (β_{31} and β_{32}) capture the effects of the US stock market volatility on the rest of the volatility stock markets. They are not statistically significant in the cases of Peru, Korea, Argentina, Canada and the UK; this means the US volatility market does not have a significant impact on these markets' volatility.

Table 2 presents the results for the Chinese market. The estimated coefficients capturing the impact of the international stock markets volatility on Chinese stock market volatility (α_{31} and α_{32}) are statistically significant, for almost all the relations except for the French, Brazilian, Mexican and Canadian markets; in other words, there is a significant effect of the international markets on the Chinese market.

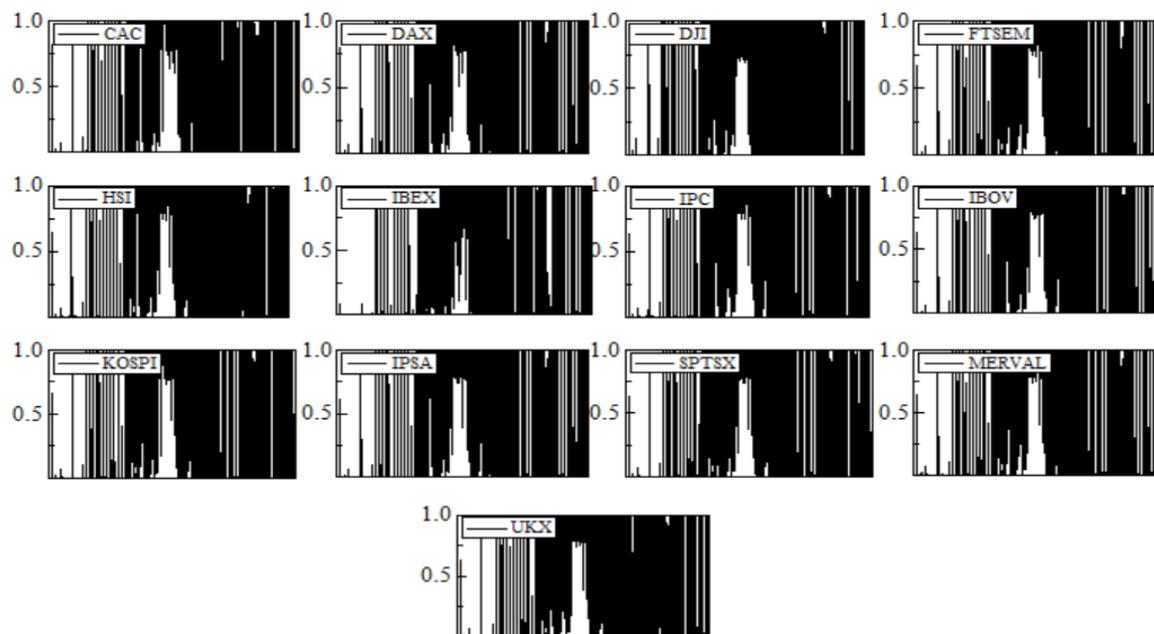
Further, the coefficients (β_{31} and β_{32}) capture the effects of the Chinese stock market volatility on the rest of the volatility stock markets. They are not significant for the Dow Jones (US), FTSEMIB (Italy), IBEX (Spain), IBOV (Brazil), KOSPI (Korea), Canada (SPTSX), SPX (US) and UKX (UK).

These findings confirm that, despite the fact that China has had an increasing role in the economy and financial markets, the US market still influence more markets, in relation to the Chinese market.

Figure 1 shows the graphic analysis from the smooth probability of being in high volatility for each relation US vs the rest of the markets. It is observed alike behavior among the different markets. For all the economies the probability of being in high volatility level increased after January 29th when the number of Covid19 cases augmented and flights to China were suspended.

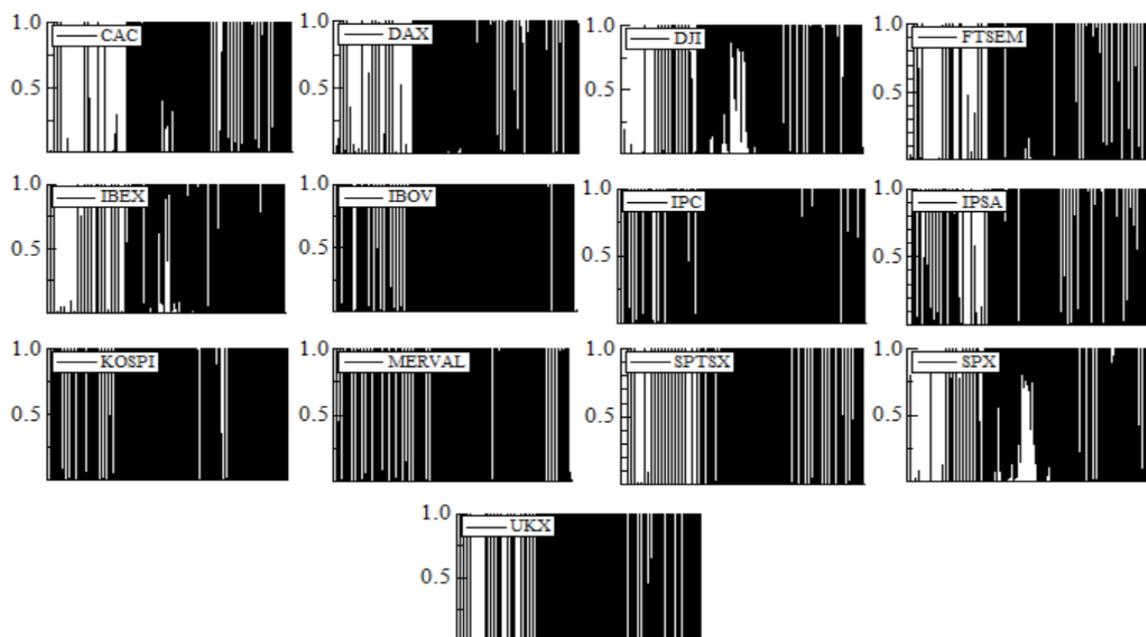
In Figure 2 it is observed the smooth probability of being in high volatility for each linkage between Chinese market volatility and the rest of the indices volatility. European, American, and Canadian markets display similar behavior, but the rest of the markets have different performance. It seems that developed countries' markets have a similar reaction to Chinese market volatility, and developing ones react differently according to their own characteristics and local situations.

Figure 1. Smooth probability of being in high volatility level MSVAR model results for the influence from the US to the rest of the markets.



Source: Own elaboration with estimation results.

Figure 2. Smooth probability of being in high volatility level MSVAR model results for the influence from the Chinese volatility market to the rest of the volatility markets.



Source: Own elaboration with estimation results.

Once the graphic analysis is elaborated, the multiple structural break test is applied on smooth probabilities series to confirm whether all markets present coincident dates. In other words, we test when series exhibit changes to confirm common structural break dates.

Table 3 shows the results of structural breaks. Findings sign the existence of four structural breaks in the models, both in the sequential, as well as in the repartition structural detection. For all the relationships dates coincide, showing as key days: January 29th, March 9th, April 1st, and April 28th. These dates match with the following events: January 29th the number of infected increased and flights to China were suspended (Regan et al., 2020 and Reuters, January 30, 2020); March 9th economy and financial markets crashed, Italy closed its borders, a prices war started between Saudi Arabia and Russia, that day was called Black Monday (Li, 2019; Bayly, 2020 and BBC, 2020). April 1st the US bonds yield diminished (Smith, 2020) and the oil price fell (Reuters, April 1st, 2020) and, April 28th the US had more than 1 million of confirmed cases and Trump began to blame China for the virus generation and propagation (Davidson & Rourke, 2020, and Bloomberg, 2020).

The results reveal the presence of four structural breaks in the model, in both strategies: sequential and repartition.

Table 3. Multiple Structural Break Test Results – Chinese Market vs The Rest.

Index	Break Test	Sequential		Repartition		F-Statistic
		Date	Base Time	Date	Base Time	
CAC	1	09/03/20	03:41	29/01/20	04:31	1104.457
	2	01/04/20	05:06	09/03/20	03:42	3246.071
	3	29/01/20	04:31	01/04/20	05:06	75.17666
	4	28/04/20	06:28	28/04/20	06:28	60.36416
DAX	1	09/03/20	03:28	29/01/20	04:33	1103.892
	2	01/04/20	05:04	09/03/20	03:28	3220.161
	3	29/01/20	04:33	01/04/20	05:04	82.75519
	4	28/04/20	06:30	28/04/20	06:30	69.1374
DJI	1	09/03/20	08:54	29/01/20	11:01	1103.957
	2	01/04/20	11:32	09/03/20	08:54	3218.928
	3	29/01/20	11:01	01/04/20	11:32	80.4462
	4	28/04/20	12:58	28/04/20	12:58	66.2677
FTSEM	1	09/03/20	03:28	29/01/20	04:31	1109.083
	2	01/04/20	05:02	09/03/20	03:28	3271.699
	3	29/01/20	04:31	01/04/20	05:02	74.77268
	4	28/04/20	06:28	28/04/20	06:28	59.95135
IBEX	1	09/03/20	08:57	29/01/20	09:31	1097.645
	2	01/04/20	11:03	09/03/20	08:57	3196.391
	3	29/01/20	09:31	01/04/20	11:03	80.96089
	4	28/04/20	12:28	28/04/20	12:28	65.95897
IBOV	1	09/03/20	08:57	29/01/20	09:31	1111.614
	2	01/04/20	11:03	09/03/20	08:57	3283.892
	3	29/01/20	09:31	01/04/20	11:03	74.07525
	4	28/04/20	12:28	28/04/20	12:28	59.49673
IPC	1	09/03/20	08:41	29/01/20	11:01	1110.659
	2	01/04/20	11:10	09/03/20	08:41	3236.32
	3	29/01/20	11:01	01/04/20	11:10	83.24828
	4	28/04/20	12:58	28/04/20	12:58	73.34091
IPSA	1	09/03/20	07:54	29/01/20	09:02	1109.26
	2	01/04/20	10:32	09/03/20	07:54	3267.565
	3	29/01/20	09:02	01/04/20	10:32	76.99056
	4	28/04/20	12:58	28/04/20	12:58	62.40843
KOSPI	1	09/03/20	18:38	29/01/20	20:00	1109.624
	2	01/04/20	21:07	09/03/20	18:38	3234.934
	3	29/01/20	20:00	01/04/20	21:07	84.30128
	4	28/04/20	21:57	28/04/20	21:57	74.20303
Merval	1	09/03/20	09:24	29/01/20	10:31	1112.403
	2	01/04/20	12:02	09/03/20	09:24	3290.493
	3	29/01/20	10:31	01/04/20	12:02	74.26886
	4	28/04/20	13:28	28/04/20	13:28	58.34187
SPTSX	1	09/03/20	08:54	29/01/20	11:01	1115.629
	2	01/04/20	11:32	09/03/20	08:54	3252.891
	3	29/01/20	11:01	01/04/20	11:32	75.32037
	4	28/04/20	12:58	28/04/20	12:58	62.46872
SPX	1	09/03/20	08:54	29/01/20	11:01	1103.618
	2	01/04/20	11:32	09/03/20	08:54	3233.335
	3	29/01/20	11:01	01/04/20	11:32	74.9844
	4	28/04/20	12:58	28/04/20	12:58	59.97789
UKX	1	09/03/20	03:23	29/01/20	04:31	1111.834
	2	01/04/20	05:02	09/03/20	03:23	3253.496
	3	29/01/20	04:31	01/04/20	05:02	82.48048
	4	28/04/20	06:28	28/04/20	06:28	69.57041

Source: Own elaboration with estimation results.

Table 4 shows the multiple structural breaks test results in the dynamic relationships between the S&P 500 and other indexes. For almost all the markets, except the Spanish market, four structural breaks are statistically significant for sequential and repartition strategies. As in the Chinese case, four dates were coincident for all the markets: February 20th, April 16th, May 19th, and March 19th.

Table 4. Multiple Structural Break Test Results – American Market vs The Rest.

Index	Break Test	Sequential		Repartition		F-statistic
		date	base time*	date	base time	
CAC	1	20/02/20	06:59	20/02/20	06:59	6481.056
	2	16/04/20	05:36	19/03/20	03:12	18046.36
	3	19/05/20	03:12	16/04/20	05:36	617.0621
	4	19/03/20	03:12	19/05/20	03:12	403.2008
DAX	1	20/02/20	07:01	20/02/20	07:01	6483.66
	2	16/04/20	05:38	19/03/20	03:09	18017.96
	3	19/05/20	03:12	16/04/20	05:38	610.6155
	4	19/03/20	03:09	19/05/20	03:12	395.0586
DJI	1	20/02/20	13:29	20/02/20	13:29	6600.851
	2	16/04/20	12:06	19/03/20	08:37	17637.09
	3	19/05/20	09:42	16/04/20	12:06	594.926
	4	19/03/20	08:37	19/05/20	09:42	366.6275
FTSEM	1	20/02/20	06:59	20/02/20	06:59	6512.875
	2	16/04/20	05:36	19/03/20	03:07	18036.22
	3	19/05/20	03:12	16/04/20	05:36	613.9972
	4	19/03/20	03:07	19/05/20	03:12	404.7249
HSI	1	20/02/20	23:05	20/02/20	23:05	6520.018
	2	16/04/20	20:46	19/03/20	01:07	18082.08
	3	19/05/20	01:12	16/04/20	20:46	615.95
	4	19/03/20	01:07	19/05/20	01:12	411.1631
IBEX	1	20/02/20	11:59	20/02/20	11:59	5058.89
	2	08/04/20	09:42	08/04/20	09:42	18761.51
	3	19/05/20	09:12	19/05/20	09:12	554.7363
IBOV	1	20/02/20	11:59	20/02/20	11:59	6489.974
	2	16/04/20	11:36	19/03/20	08:07	18139.51
	3	19/05/20	09:12	16/04/20	11:36	607.0262
	4	19/03/20	08:07	19/05/20	09:12	416.5044
IPC	1	20/02/20	13:29	20/02/20	13:29	6514.797
	2	16/04/20	12:06	19/03/20	08:37	18097.34
	3	19/05/20	09:42	16/04/20	12:06	616.3829
	4	19/03/20	08:37	19/05/20	09:42	411.27
IPSA	1	20/02/20	11:36	20/02/20	11:36	6514.994
	2	16/04/20	12:06	19/03/20	07:37	18096.61
	3	19/05/20	09:42	16/04/20	12:06	617.1141
	4	19/03/20	07:37	19/05/20	09:42	412.2168
KOSPI	1	20/02/20	22:28	20/02/20	22:28	6517.005
	2	16/04/20	21:03	19/03/20	18:34	18047.06
	3	19/05/20	01:12	16/04/20	21:03	615.7077
	4	19/03/20	18:34	19/05/20	01:12	412.1214
Merval	1	20/02/20	12:59	20/02/20	12:59	6515.289
	2	16/04/20	12:36	19/03/20	09:07	18081.8
	3	19/05/20	10:12	16/04/20	12:36	613.7782
	4	19/03/20	09:07	19/05/20	10:12	411.2326
SPTSX	1	20/02/20	13:29	20/02/20	13:29	6524.401
	2	16/04/20	12:06	19/03/20	08:37	18099.43
	3	19/05/20	09:42	16/04/20	12:06	620.4752
	4	19/03/20	08:37	19/05/20	09:42	409.037
UKX	1	20/02/20	06:59	20/02/20	06:59	6525.178
	2	16/04/20	05:36	19/03/20	03:07	18077.65
	3	19/05/20	03:12	16/04/20	05:36	616.0794
	4	19/03/20	03:07	19/05/20	03:12	415.1672

Source: Own elaboration with estimation results.

February 20th was declared the beginning of the 2020 stock market crash which ended on April 7 (ZACKS, April 7, 2020). At February 20th stock markets suffered important losses (Huang, February 20, 2020), oil prices fell by 1% (Verma, 2020) and yields of 10 year and 30-year U. S. Treasury securities fell to 1.51% and 1.96% respectively (Hyerczyk, 2020). On March 19th Asia-Pacific equity markets closed with losses (Huang, March 19, 2020) while European ones closed winning 3% (Ellyatt & Smith, 2020), oil prices rose by 23% and the yields on 10- year and 30-year U. S Treasury securities fell to 1.06% and 1.68% respectively. The FED announced foreign exchange swap lines for \$450 billion in Australia, Brazil, South Korea, Mexico, Singapore, Sweden, Denmark, Norway and New Zealand Central Banks (60 billion for each) (Schneider & Dunsmuir, 2020). The FED also opened an additional lending facility alike to CPFF for money market mutual funds (Neuman, 2020). The Bank of England, the Denmark’s National Bank (Reuters, March 19a, 2020), the South African Reserve Bank, Bank of Indonesia and the Central bank of the Republic of China (Loo & Lee, 2020) announced changes in their rates (Meredith, 2020). Chile (Reuters, March 19b, 2020) and the U.S (Hirsch and Pramuk, 2020) also announced a fiscal stimulus package.

On April 16th, benchmarks closed with losses after disappointing corporate earnings reports and weak economic data because of damage by the COVID19 outbreak. The DJI fell 1.9%, S&P500 2.2%, Nasdaq 1.4%. The fear-gauge CBOE Volatility Index (VIX) increased 7.5% (ZACKS, April 16, 2020). May 19th Wall street recovered on Monday after the disappointing results of potential coronavirus vaccine. Fed Chairman promised more stimulus to lift the pandemic-affected, this improves investors’ sentiments. DJI, S&P500 and Nasdaq closed up (ZACKS, May 19, 2020).

4. Conclusion

This paper modeled intraday volatility for 13 markets and analyzed the incidence of Chinese and American markets volatility in the rest of the stock markets' volatility, pointing out the breakpoints, structural changes on the probability of being in high volatility regime; and contagion episodes.

To achieve this purpose, we estimated the stock index returns volatility employing GARCH extensions and GAS model. Volatility measure results indicated the APARCH model is the most suitable for a major part of the equity indexes. Once volatility was modeled, conditional variance was employed to test the incidence of the Chinese and the U.S. stock market volatility on the rest of the markets; MS-VAR was proposed to analyze two-ways volatility incidence.

MS-VAR models evidence, for almost all the stock markets, a significant two-ways incidence, which evolves according to two regimes: high volatility regime, and low volatility regime. Finally, MS-VAR smooth probabilities of being in high volatility regime series are used to detect structural changes, i.e., to find the exact dates when the high volatility period started. Those dates could also be identified as moments when contagion periods started.

The findings confirm that, even though China has had an increasing role in the economy and in the financial markets, the US market still maintains greater influence on more markets than the Chinese market does.

Multiple break test reveals which dates were relevant for each market: Chinese and American. Results also allowed to observe in which days mutual incidence of the stock markets was took place, provoking high volatility periods

The empirical evidence is of utmost importance in terms of widening the knowledge about the volatility contagion effect between the American and the Chinese stock markets, as well as the rest of the stock markets analyzed, during the COVID19 immediate effects.

Future studies agenda could include research about the contagion effect on other financial markets, the period of study might be extended or the application of other methodologies could be incorporated.

References

- Ahmad, T., Haroon, M.B., & Hui, J. (2020). Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic and economic impact. *Pakistan journal of medical sciences*, 36(COVID19-S4), S73.
- Akhtaruzzaman, M., Boubaker, S., & Sensoy, A. (2020). Financial contagion during COVID-19 crisis. *Finance Research Letters*, 101604.
- Akhtaruzzaman, M., Boubaker, S., & Sensoy, A. (2021). Financial contagion during COVID-19 crisis. *Finance Research Letters*, 38, 101604.

- Al-Awadhi, A.M., Alsaifi, K., Al-Awadhi, A., & Alhammadi, S. (2020). Death and contagious infectious diseases: Impact of the COVID-19 virus on stock market returns. *Journal of behavioral and experimental finance*, 27, 100326.
- Apergis, N., & Apergis, E. (2020). Can the COVID-19 Pandemic and Oil Prices Drive the US Partisan Conflict Index. *Energy Research Letters*, 1(1), 1-4.
- Bai, L., Li, X., Wei, Y., & Wei, G. (2022). Does crude oil futures price really help to predict spot oil price? New evidence from density forecasting. *International Journal of Finance & Economics*, 27(3), 3694-3712.
- Bai, L., Wei, Y., Wei, G., Li, X., & Zhang, S. (2021). Infectious disease pandemic and permanent volatility of international stock markets: A long-term perspective. *Finance Research Letters*, 40, 101709.
- Baker, S. R., Bloom, N., Davis, S. J., Kost, K. J., Sammon, M. C., & Viratyosin, T. (2020). *The unprecedented stock market impact of COVID-19* (No. w26945). National Bureau of Economic Research.
- Baldwin, R., & Tomiura, E. (2020). Thinking ahead about the trade impact of COVID-19. *Economics in the Time of COVID-19*, 59-71.
- Barclay, M.J., & Litzenberger, R.H. (1988). Announcement effects of new equity issues and the use of intraday price data. *Journal of Financial Economics*, 21(1), 71-99.
- Dietrich, A.M., Kuester, K., Muller, G.J., & Schoenle, R.S. (2020). *News and uncertainty about COVID-19: Survey evidence and short-run economic impact*. Federal Reserve Bank of Cleveland. Working Paper 20-12. <http://doi.org/10.26509/frbc-wp-202012>.
- Ding, Z., Granger, C.W., & Engle, R. F. (1993). A long memory property of stock market returns and a new model. *Journal of empirical finance*, 1(1), 83-106.
- Dionne, G., Duchesne, P., & Pacurar, M. (2009). Intraday Value at Risk (IVaR) using tick-by-tick data with application to the Toronto Stock Exchange. *Journal of Empirical Finance*, 16(5), 777-792.
- Engle, R.F., & Russell, J.R. (1998). Autoregressive conditional duration: a new model for irregularly spaced transaction data. *Econometrica*, 66, 1127-1162.
- Fernandes, N. (2020). Economic effects of coronavirus outbreak (COVID-19) on the world economy. Available at SSRN 3557504.
- Goodell, J.W. (2020). COVID-19 and finance: Agendas for future research. *Finance Research Letters*, 35, 101512.
- Iqbal, N., Fareed, Z., Shahzad, F., He, X., Shahzad, U., & Lina, M. (2020). The nexus between COVID-19, temperature and exchange rate in Wuhan city: New findings from partial and multiple wavelet coherence. *Science of the Total Environment*, 729, 138916.

- Katsiampa, P. (2017). Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models. *Economics Letters*, 158, 3-6.
- Krolzig, H.M. (1997). *Markov Switching Vector Autoregressions: Modelling Statistical Inference and Application to Business Cycles Analysis*, Berlin: Springer.
- Liang, C., Li, Y., Ma, F., & Wei, Y. (2021). Global equity market volatilities forecasting: A comparison of leverage effects, jumps, and overnight information. *International Review of Financial Analysis*, 75, 101750.
- Liang, C., Tang, L., Li, Y., & Wei, Y. (2020). Which sentiment index is more informative to forecast stock market volatility? Evidence from China. *International Review of Financial Analysis*, 71, 101552.
- McKibbin, W., & Fernando, R. (2020). 3 The economic impact of COVID-19. *Economics in the Time of COVID-19*, 45. <https://www.ihu.ac.ir/uploads/coronavirus-covid-19%20economy.pdf#page=52>
- Mwaniki, I. J. (2019). Modeling heteroscedastic, skewed and leptokurtic returns in discrete time. *Journal of Applied finance and banking*, 9(5), 1-14.
- Nikolova, V., Trinidad Segovia, J. E., Fernández-Martínez, M., & Sánchez-Granero, M. A. (2020). A Novel Methodology to Calculate the Probability of Volatility Clusters in Financial Series: An Application to Cryptocurrency Markets. *Mathematics*, 8(8), 1216.
- Njindan Iyke, B. (2020). The disease outbreak channel of exchange rate return predictability: Evidence from COVID-19. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(10), 2277-2297.
- Phan, D. H. B., & Narayan, P. K. (2020). Country responses and the reaction of the stock market to COVID-19. A preliminary exposition. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(10), 2138-2150.
- Pontines, V., & Siregar, R. Y. (2009). Tranquil and crisis windows, heteroscedasticity, and contagion measurement: MS-VAR application of the DCC procedure. *Applied Financial Economics*, 19(9), 745-752. <https://doi.org/10.1080/09603100802167239>
- Segovia, J. T., Fernández-Martínez, M., & Sánchez-Granero, M. A. (2019). A novel approach to detect volatility clusters in financial time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 535, 122452.
- Takahashi, S., Chen, Y., & Tanaka-Ishii, K. (2019). Modeling financial time-series with generative adversarial networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 527, 121261.
- Topcu, M., & Gulal, O. S. (2020). The impact of COVID-19 on emerging stock markets. *Finance Research Letters*, 36, 101691.
- Troster, V., Tiwari, A.K., Shahbaz, M., & Macedo, D. N. (2019). Bitcoin returns and risk: A general GARCH and GAS analysis. *Finance Research Letters*, 30, 187-193.

Vidya, C. T., & Prabheesh, K. P. (2020). Implications of COVID-19 pandemic on the global trade networks. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(10), 2408-2421.

Web Pages References

Battersby, B., Lam, R. & Ture, T. (May 20, 2020) Insights & Analysis on Economics and Finance. EE.UU.: IFMBlog. <https://blogs.imf.org/2020/05/20/tracking-the-9-trillion-global-fiscal-support-to-fight-covid-19/>

Bayly, L. (March 9, 2020). Dow closes with decline of 2,000 points, almost ending 11-year bull market. EE.UU.: NBC News. <https://www.nbcnews.com/business/markets/dow-set-open-decline-1-300-points-oil-war-adds-n1152941>

BBC (March 9, 2020). Global shares plunge in worst day since financial crisis. EE.UU.: BBC. <https://www.bbc.com/news/business-51796806>

Bloomberg (April 27, 2020) U.S. Covid-19 Deaths Top Lives Lost in Vietnam War: Virus Update.

Davidson, H. & Rourke, A. (April 28, 2020). Trump says China could have stopped Covid-19 and suggests US will seek damages. EE.UU.: The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2020/apr/28/trump-says-china-could-have-stopped-covid-19-and-suggests-us-will-see-damages>

EE.UU.: Bloomberg News. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-27/global-cases-pass-3-million-u-s-to-expand-tests-virus-update>

Ellyatt, H. & Smith, E. (March 19, 2020). European shares close 3% higher in rocky session after ECB, BOE stimulus. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/03/19/european-markets-shun-ecb-stimulus-package-and-head-for-lower-open.html>

Hirsch, L. & Pramuk, J. (March 19, 2020). Senate GOP releases coronavirus relief plan with up to \$1,200 in cash payments to individuals. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/03/19/coronavirus-updates-senate-republicans-to-release-relief-bill.html>

Huang, E. (February 20, 2020). China stocks rise as Beijing says work resumption is speeding up. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/02/21/asia-markets-coronavirus-oil-currencies-in-focus.html>

Huang, E. (March 19, 2020). South Korea stocks drop more than 8% after earlier halt; Softbank shares plunge. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/03/19/asia-markets-coronavirus-stimulus-measures-currencies-in-focus.html>

Hyerczyk, J. (February 21, 2020). Oil Price Fundamental Daily Forecast – Weaker as Bullish Traders Lose Patience Over Production Cut Delay. EE.UU.: Yahoo! Finance. Verizon Media. <https://finance.yahoo.com/news/oil-price-fundamental-daily-forecast-133133419.html>

- International Monetary Fund (IMF) (2020). *IMF Financing and Debt Service Relief*. <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/COVID-Lending-Tracker>.
- Li, Y. (March 8, 2019). Dow futures tumble as Saudi-Russia oil price war adds to coronavirus stress. EE.UU.: NBC News. <https://www.nbcnews.com/business/business-news/dow-futures-tumble-1-000-points-all-out-oil-price-n1152716>
- Loh, L. & Lee, Y. (March 19, 2020). "UPDATE 2-Taiwan c. bank cuts rate to new low, slashes growth forecast on virus impact". Taipei: Reuters. Thomson Reuters. <https://www.reuters.com/article/health-coronavirus-taiwan-rates/update-2-taiwan-c-bank-cuts-rate-to-new-low-slashes-growth-forecast-on-virus-impact-idUKL4N2BC2Z8>
- Lynch, D., Heath, T., Telford, T. & Long, H. (March 12, 2020). U.S. stock market suffers worst crash since 1987, as Americans wake up to a new normal of life. EE.UU.: The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/us-policy/2020/03/12/markets-stocks-today-coronavirus/>
- Meredith, S. (March 19, 2020). Bank of England cuts rates again and ramps up bond buying to combat coronavirus impact. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/03/19/bank-of-england-announces-further-rate-cut-and-launches-new-bond-buying-program.html>
- Neuman, S. (March 19, 2020). Federal Reserve Establishes Lending Facility To Back Up Money Market Mutual Funds. EE.UU.: NPR. <https://www.npr.org/2020/03/19/818188744/federal-reserve-establishes-lending-facility-to-back-up-money-market-mutual-fund>
- Regan, H, Yeung, J., George, S. & Woodyatt, A. (January 29, 2020). January 29 coronavirus news EE.UU.: CNN. <https://edition.cnn.com/asia/live-news/coronavirus-outbreak-01-29-20-intl-hnk/index.html>
- Reuters (April 1, 2020) Oil falls on oversupply fears and US inventory growth. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/04/01/oil-markets-crude-output-in-focus.html>
- Reuters (January 30, 2020). Factbox: Airlines suspend China flights over coronavirus. EE.UU.:Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-china-health-airlines-factbox-idUSKBN1ZT1RZ>
- Reuters (March 19a, 2020). Denmark's central bank raises key interest rate. Copenhagen:Reuters. Thomson Reuters. <https://www.reuters.com/article/denmark-rates-idUSL8N2BC7KO>
- Reuters (March 19b, 2020). Chile's Pinera unveils \$11.7 billion emergency aid package to counter coronavirus. Chile: Reuters. Thomson Reuters. <https://finance.yahoo.com/news/chile-pinera-unveils-11-7-173643389.html>
- Schneider, H. & Dunsmuir, L. (March 19, 2020). Fed opens dollar swap lines for nine additional foreign central banks". Washington: Reuters. Thomson Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-fed-swaps-idUSKBN2162AX>

Sheppar, D., Raval, A. & Lockett, H. (March 8, 2020). Oil price crashes 30% as markets open. London: Financial Times. <https://www.ft.com/content/dab75720-618a-11ea-a6cd-df28cc3c6a68>

Smith, E. (April 1, 2020). 10-year Treasury yield falls to 0.6% as the coronavirus crisis deepens. EE.UU.: CNBC. <https://www.cnbc.com/2020/04/01/treasury-yields-fall-as-the-coronavirus-crisis-deepens.html>

The FRED® Blog (April 13, 2020. Coronavirus effects on exchange rates. EE.UU.: The FRED Blog <https://fredblog.stlouisfed.org/2020/04/coronavirus-effects-on-exchange-rates/>

Verma, S. (February 20, 2020). Oil slides 1% on renewed fears over toll from coronavirus. Bengaluru: Reuters. Thomson Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-global-oil/oil-slides-1-on-renewed-fears-over-toll-from-coronavirus-idINKBN20F06N>

ZACKS (April 16, 2020). Stock Market News for Apr 16, 2020 EE.UU.: Yahoo! Finance. <https://finance.yahoo.com/news/stock-market-news-apr-16-134201555.html>

ZACKS (May 19, 2020). Stock Market News for May 19, 2020 EE.UU.: Yahoo! Finance <https://finance.yahoo.com/news/stock-market-news-may-19-133801802.html>

ZACKS. (April 7, 2020). Stock Market News for Apr 7, 2020. EE.UU.: Yahoo! Finance. <https://finance.yahoo.com/news/stock-market-news-apr-7-133601241.html>

Appendix

A. Indexes under analysis

Exchange	CAC	DAX	DJI	FTSEMIB	HSI	IBEX	SPX
Country	France	Germany	US	Italy	China	Spain	US
Exchange	IBOV	IPC	IPSA	KOSPI	MERVAL	SPTSX	UKX
Country	Brasil	Mexico	Chile	South Korea	Argentina	Canada	UK

A.1 Descriptive Statistics and Jarque Bera Test

Index	Mean	Std. Dev.	Variance	Skewness	Kurtosis	Jarque Bera
CAC	-9.15E-06	0.001901	3.6138E-06	11.26923	2630.728	6.04E+09
DAX	-3.26E-06	0.00209	4.3681E-06	20.97047	3135.684	8.59E+09
DJI	-4.19E-06	0.001747	3.052E-06	-10.85129	778.0992	5.26E+08
FTSEMIB	-9.34E-06	0.00173	2.9929E-06	5.500584	2018.201	3.55E+09
HSI	-6.87E-06	0.001236	1.5277E-06	-12.99589	1051.383	9.62E+08
IBEX	-9.44E-06	0.001771	3.1364E-06	-5.992889	375.6784	1.22E+08
IBOV	-9.44E-06	0.001799	3.2364E-06	-4.793483	377.9036	1.23E+08
IPC	-7.85E-06	0.001097	1.2034E-06	-18.13612	1130.288	1.11E+09
IPSA	-9.17E-06	0.001694	2.8696E-06	-38.27363	3595.616	1.13E+10
KOSPI	-7.31E-07	0.001498	2.244E-06	14.92455	1655.373	2.39E+09
MERVAL	-2.64E-06	0.002214	4.9018E-06	-10.99809	1064.683	9.87E+08

SPTSX	-4.49E-06	0.001456	2.1199E-06	-27.66239	1828.125	2.92E+09
SPX	-1.59E-06	0.001584	2.5091E-06	-13.20149	907.5612	7.17E+08
UKX	-9.63E-06	0.001632	2.6634E-06	-16.55178	2649.833	6.13E+09

A.2 ADF Test Results

	ADF Test Results								
	Level			First Differences					
	Intercept	Intercept and Trend	None	Intercept	Intercept and Trend	None	Intercept	Intercept and Trend	None
CAC	-143.87 ***	-143.87 ***	-143.87 ***	-37.545 ***	-37.544 ***	-37.546 ***	-37.545 ***	-37.544 ***	-37.546 ***
DAX	-144.56 ***	-144.56 ***	-144.56 ***	-36.999 ***	-36.998 ***	-37.000 ***	-36.999 ***	-36.998 ***	-37.000 ***
DJI	-144.33 ***	-144.33 ***	-144.33 ***	-40.251 ***	-40.250 ***	-40.252 ***	-40.251 ***	-40.250 ***	-40.252 ***
FTSEMIB	-140.98 ***	-140.98 ***	-140.98 ***	-39.091 ***	-39.090 ***	-39.092 ***	-39.091 ***	-39.090 ***	-39.092 ***
HSI	-141.90 ***	-141.90 ***	-141.90 ***	-37.597 ***	-37.596 ***	-37.598 ***	-37.597 ***	-37.596 ***	-37.598 ***
IBEX	-30.71 ***	-30.74 ***	-30.71 ***	-36.454 ***	-36.453 ***	-36.455 ***	-36.454 ***	-36.453 ***	-36.455 ***
IBOV	-30.63 ***	-30.66 ***	-30.63 ***	-36.150 ***	-36.149 ***	-36.151 ***	-36.150 ***	-36.149 ***	-36.151 ***
IPC	-96.60 ***	-96.61 ***	-96.60 ***	-38.573 ***	-38.572 ***	-38.574 ***	-38.573 ***	-38.572 ***	-38.574 ***
IPSA	-144.32 ***	-144.32 ***	-144.31 ***	-36.733 ***	-36.732 ***	-36.734 ***	-36.733 ***	-36.732 ***	-36.734 ***
KOSPI	-99.15 ***	-99.15 ***	-99.15 ***	-40.375 ***	-40.374 ***	-40.376 ***	-40.375 ***	-40.374 ***	-40.376 ***
MERVAL	-74.19 ***	-74.19 ***	-74.19 ***	-38.740 ***	-38.739 ***	-38.741 ***	-38.740 ***	-38.739 ***	-38.741 ***
SPTSX	-79.40 ***	-79.40 ***	-79.40 ***	-36.583 ***	-36.582 ***	-36.584 ***	-36.583 ***	-36.582 ***	-36.584 ***
SPX	-141.86 ***	-141.86 ***	-141.86 ***	-39.739 ***	-39.738 ***	-39.740 ***	-39.739 ***	-39.738 ***	-39.740 ***
UKX	-142.38 ***	-142.38 ***	-142.38 ***	-37.950 ***	-37.949 ***	-37.949 ***	-37.950 ***	-37.949 ***	-37.949 ***

Note: *** statistical significance at 1%, respectively

A.3 LR and AIC tests statistics results

Index	LnL(AR)	LnL(MS-AR)	LR	AIC (AR)	AIC(MS-AR)
CAC	101771.2	123895.2	44248	-9.692862	-11.79944
DAX	99785.2	123873.1	48175.8	-9.50371	-11.79743
DJI	103548.1	122252.6	37409	-9.862102	-11.64309
FTSEMIB	103752.4	123511.3	39517.8	-9.881557	-11.76297
HSI	110816.3	131653.3	41674	-10.55434	-12.53843
IBEX	103253.7	117642.3	28777.2	-9.834063	-11.20399
IBOV	102924.5	117633.1	29417.2	-9.802707	-11.20311
IPC	113307.1	130706.3	34798.4	-10.79157	-12.44824
IPSA	104194.4	128723.8	49058.8	-9.923657	-12.25941
KOSPI	106778.7	123713	33868.6	-10.16979	-11.78218
MERVAL	98566.39	116584.3	36035.82	-9.387627	-11.10323
SPTSX	107366.7	128953.3	43173.2	-10.22579	-12.28128
SPX	105598.8	128953.7	46709.8	-10.05741	-12.28132
UKX	104968.7	128695.4	47453.4	-9.997398	-12.25672

Table A.4. Appendix

		CAC					
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	103367.2	-9.844581	-9.844087	0.615000	1.000000	*
	GED	127911.8	-12.18218	-12.18156	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	129235.8	-12.30828	-12.30766	1.000000	1.000000	*
ACGARCH	GAUSS	102656.2	-9.776672	-9.77593	0.013400	0.001323	
	GED	110208.8	-10.49582	-10.49483	0.031400	0.005621	+ *
	STUDENT	129204.4	-12.3051	-12.30423	0.001896	0.001896	
TARCH	GAUSS	104633	-9.965043	-9.964425	0.946000	1.000000	*
	GED	128042.8	-12.19456	-12.19382	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	126523.2	-12.04983	-12.04909	0.689000	1.000000	
EGARCH	GAUSS	102335.4	-9.746221	-9.745603	1.000000	0.999900	*
	GED	128407.2	-12.22926	-12.22852	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	129195	-12.3043	-12.30355	1.000000	1.000000	*
APARCH	GAUSS	107012	-10.19153	-10.19079	0.018800	0.002167	*
	GED	128583.3	-12.24594	-12.24508	0.004800	0.000466	+
	STUDENT	130274.4	-12.40701	-12.40615	0.007400	0.000722	+ *
IGARCH	GAUSS	38911.37	-8.800808	-8.799989	0.998991	0.976700	+ *
	GED	57411.6	-12.985435	-12.984616	1.000000	1.000000	
	STUDENT	58396.5	-13.207758	-13.206393	1.000000	1.000000	+ *
FIGARCH	GAUSS	94902.253	-9.038264	-9.037646	0.999999	1.000000	
	GED	96791.374	-9.218094	-9.217352	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	118657.588	-11.300689	-11.299948	1.000000	1.000000	*
GAS	GAUSS	70260.7	-6.691433	-6.690939	0.999903	0.998100	+ *
	GED	70337.7	-6.698673	-6.698055	0.999931	0.998500	+ *
	STUDENT	121587	-11.5798	-11.579182	1.000000	1.000000	+ *

Note: Q^2 (10) and ARCH(5) denote the p-values of the tests.

		DAX					
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	102033	-9.71751	-9.717016	0.790000	1.000000	+ *
	GED	127940.8	-12.18504	-12.18455	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	129370	-12.32106	-12.32045	1.000000	1.000000	*
ACGARCH	GAUSS	103659.8	-9.872161	-9.871296	0.026000	0.003122	*
	GED	127822.4	-12.17338	-12.17239	0.020900	0.002113	
	STUDENT	129241	-12.30858	-12.30772	0.004200	0.000430	*
TARCH	GAUSS	107227.5	-10.21215	-10.21153	0.734000	1.000000	+ *
	GED	127920.9	-12.18295	-12.18221	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	129095.4	-12.29481	-12.29407	1.000000	1.000000	+ *
EGARCH	GAUSS	99945.7	-9.518616	-9.517998	1.000000	1.000000	*
	GED	128207.3	-12.21023	-12.20949	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	129287.8	-12.31314	-12.3124	1.000000	1.000000	*
APARCH	GAUSS	104368.1	-9.939717	-9.938976	0.040200	0.006032	+ *
	GED	128457	-12.23392	-12.23305	0.003300	0.000329	+
	STUDENT	130274.4	-12.40701	-12.40615	0.007400	0.000722	+ *
IGARCH	GAUSS	40175.445	-9.086959	-9.086413	1.000000	1.000000	+ *
	GED	57237	-12.945945	-12.945126	1.000000	1.000000	
	STUDENT	58150	-13.152013	-13.150648	1.000000	1.000000	+ *
FIGARCH	GAUSS	100055	-9.52894	-9.528198	1.000000	1.000000	+ *
	GED	95936.984	-9.136719	-9.135978	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	117719.347	-11.211329	-11.210587	1.000000	1.000000	+
GAS	GAUSS	69103.8	-6.581246	-6.580752	0.999995	0.999600	+ *
	GED	68927	-6.564314	-6.563696	0.999996	0.999700	+ *
	STUDENT	123003	-11.714674	-11.714056	1.000000	1.000000	+ *

DJI							
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	105900.9	-10.0859	-10.0854	0.961000	1.000000	*
	GED	127183.9	-12.11285	-12.11223	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	128782.9	-12.26515	-12.26453	1.000000	1.000000	*
ACGARCH	GAUSS	105351.5	-10.03329	-10.03242	0.063600	0.007689	+ *
	GED	127013.4	-12.09633	-12.09534	0.029900	0.002952	
	STUDENT	128732.4	-12.26014	-12.25928	0.025000	0.002459	
TARCH	GAUSS	105908.7	-10.08655	-10.08593	0.962000	1.000000	+ *
	GED	127207.1	-12.11497	-12.11422	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	128805.8	-12.26723	-12.26649	1.000000	1.000000	+ *
EGARCH	GAUSS	109049.3	-10.38567	-10.38505	1.000000	0.999900	*
	GED	127354.3	-12.12899	-12.12825	0.997000	1.000000	*
	STUDENT	128545.6	-12.24245	-12.24171	1.000000	1.000000	
APARCH	GAUSS	109023.9	-10.38316	-10.38241	0.017600	0.001228	+
	GED	127792.2	-12.1706	-12.16973	0.024100	0.002301	+ *
	STUDENT	129595.8	-12.34238	-12.34151	0.023900	0.002279	+ *
IGARCH	GAUSS	45220.547	-10.228353	-10.22808	1.000000	1.000000	
	GED	57242.827	-12.947258	-12.946439	1.000000	1.000000	
	STUDENT	58226.421	-13.169288	-13.167923	1.000000	1.000000	+
FIGARCH	GAUSS	97240	-9.261012	-9.260517	0.999998	0.999900	
	GED	100880.444	-9.607547	-9.606806	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	119674.924	-11.397583	-11.396841	1.000000	1.000000	+
GAS	GAUSS	75285.5	-7.170007	-7.169513	0.995543	0.980600	+ *
	GED	75316.785	-7.172893	-7.172275	0.997025	0.985400	+ *
	STUDENT	113002	-10.762087	-10.761469	1.000000	1.000000	+ *

FTSEMIB							
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	104774.5	-9.978617	-9.978123	0.831000	1.000000	*
	GED	126466.9	-12.04456	-12.04394	0.979000	1.000000	+ *
	STUDENT	127580.5	-12.15063	-12.15001	0.995000	1.000000	+ *
ACGARCH	GAUSS	104184.2	-9.922106	-9.921241	0.026800	0.001627	*
	GED	126928.4	-12.08824	-12.08725	0.016600	0.001609	
	STUDENT	128374.7	-12.22607	-12.22521	0.012900	0.001238	
TARCH	GAUSS	105153.5	-10.01462	-10.01401	0.209000	1.000000	*
	GED	127005	-12.09572	-12.09498	0.999000	1.000000	+ *
	STUDENT	128408.6	-12.22949	-12.22887	1.000000	1.000000	+ *
EGARCH	GAUSS	104714.8	-9.972838	-9.97222	1.000000	1.000000	*
	GED	126879.8	-12.0838	-12.08305	0.999000	1.000000	*
	STUDENT	127917.7	-12.18264	-12.1819	0.999000	1.000000	*
APARCH	GAUSS	106528.2	-10.14546	-10.14472	0.072600	0.008012	
	GED	127372.1	-12.13059	-12.12973	0.007900	0.000752	+ *
	STUDENT	129009.7	-12.28656	-12.28569	0.007000	0.000659	+ *
IGARCH	GAUSS	42728.9	-9.6643	-9.663481	1.000000	1.000000	
	GED	56374.2	-12.750782	-12.749963	1.000000	1.000000	
	STUDENT	57280.084	-12.955233	-12.953868	1.000000	1.000000	+
FIGARCH	GAUSS	96585.236	-9.19846	-9.197719	1.000000	1.000000	
	GED	101443	-9.661155	-9.660413	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	109036	-10.384341	-10.3836	1.000000	1.000000	+
GAS	GAUSS	74265.2	-7.072836	-7.072342	0.999920	0.998600	+ *
	GED	73942.6	-7.042015	-7.041397	0.999827	0.997600	+ *
	STUDENT	118237	-11.260751	-11.260133	1.000000	1.000000	+ *

		HSI						
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)		
GARCH	GAUSS	113864.3	-10.84436	-10.84386	0.044	1	*	
	GED	133767.3	-12.73987	-12.73925	0.024	0.9998	*	
	STUDENT	117681.9	-11.20786	-11.20724	0.004	1		
ACGARCH1	GAUSS	112211.2	-10.68662	-10.68575	1.0683	0.00562	+ *	
	GED	127812.5	-12.17244	-12.17145	0.0993	0.009882	+ *	
	STUDENT	126091.3	-12.0086	-12.00774	0.0978	0.009755	*	
TARCH	GAUSS	113977.1	-10.855	-10.85438	0.032	0.9999	*	
	GED	133773.5	-12.74037	-12.73963	0.033	1	*	
	STUDENT	133088.4	-12.67512	-12.67437	0.001	1	+	
EGARCH	GAUSS	113485	-10.80822	-10.80773	1	0.9999	*	
	GED	133429.5	-12.70761	-12.70687	0.002	1		
	STUDENT	133413.7	-12.7061	-12.70536	1	1	*	
APARCH	GAUSS	113528.3	-10.81216	-10.81142	0.871	0.011116	*	
	GED	133792.6	-12.74209	-12.74123	2.4755	0.0998	+	
	STUDENT	135830.4	-12.93618	-12.93532	0.0465	0.004667	+ *	
IGARCH	GAUSS	50276.2	-11.37122	-11.37013	0	0		
	GED	57775.8	-13.06782	-13.067	1	1		
	STUDENT	50251.3	-11.36559	-11.3645	1	1		
FIGARCH	GAUSS	104256.351	-9.929078	-9.928336	0.999995	0.9997		
	GED	106703.201	-10.16212	-10.16138	1	1	+ *	
	STUDENT	95769.8	-9.120792	-9.120792	0.997491	0.9913		
GAS	GAUSS	81667.5	-7.777849	-7.777355	0.999337	0.994	+ *	
	GED	82048.8	-7.814068	-7.81345	0.995376	0.9772	+ *	
	STUDENT	87651.2	-8.347657	-8.347039	0.99996	0.9999	+ *	

		IBEX						
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)		
GARCH	GAUSS	107952.8	-10.28133	-10.28084	0.187000	1.000000	*	
	GED	120420	-11.46864	-11.46802	0.403000	1.000000	*	
	STUDENT	121142.6	-11.53746	-11.53685	0.412000	1.000000	*	
ACGARCH	GAUSS	107613.2	-10.2487	-10.24783	0.007196	0.007196	*	
	GED	120419.9	-11.46844	-11.46757	0.087400	0.008908	*	
	STUDENT	113899.1	-10.84738	-10.84652	0.673	0.5118	+ *	
TARCH	GAUSS	108442.9	-10.32791	-10.32729	0.111000	1.000000	*	
	GED	99973.47	-9.521165	-9.520423	0.000000	0.978000	+ *	
	STUDENT	103578.1	-9.864479	-9.863737	0.000000	0.025800	+ *	
EGARCH	GAUSS	108568.4	-10.33986	-10.33924	1.000000	1.000000	*	
	GED	120613	-11.48693	-11.48618	1.000000	1.000000	*	
	STUDENT	121447.9	-11.56644	-11.5657	1.000000	1.000000	*	
APARCH	GAUSS	109047.1	-10.38536	-10.38462	0.092300	0.011303	+ *	
	GED	120807.9	-11.5054	-11.50453	0.079200	0.009863	+ *	
	STUDENT	121814.5	-11.60127	-11.6004	0.164000	0.998	+ *	
IGARCH	GAUSS	44829.5	-10.139442	-10.13862	1.000000	1.000000		
	GED	54467.681	-12.31886	-12.31722	1.000000	1.000000		
	STUDENT	48221.268	-10.90641	-10.90532	1.000000	1.000000		
FIGARCH	GAUSS	100132	-9.536195	-9.53533	0.999974	0.998800	+	
	GED	93484.983	-8.903184	-8.902443	0.997705	0.986500	+ *	
	STUDENT	115118.494	-10.96361	-10.96287	1.000000	1.000000		

	GAUSS	76130.7	-7.250511	-7.250016	0.992649	0.960600	+	*
GAS	GED	76062.7	-7.243931	-7.243313	0.993646	0.964500	+	*
	STUDENT	93775.8	-8.930981	-8.930363	0.000000	0.0150000	+	*

IBOV								
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)		
GARCH	GAUSS	107485.7	-10.23684	-10.23635	0.318000	0.999900		*
	GED	120401.1	-11.46684	-11.46622	0.533000	0.999000		*
	STUDENT	121166.4	-11.53982	-11.53933	0.553000	0.999900		*
ACGARCH	GAUSS	107273.9	-10.21638	-10.21552	0.061100	0.006280		*
	GED	120406.8	-11.46719	-11.46633	0.100600	0.011286		*
	STUDENT	121160.8	-11.53901	-11.53814	0.110600	0.999		*
TARCH	GAUSS	108009.8	-10.28667	-10.28605	0.193000	0.999900		*
	GED	120410.1	-11.46761	-11.46687	0.509000	0.999900	+	*
	STUDENT	104669.1	-9.968394	-9.967652	0.000000	0.107400	+	*
EGARCH	GAUSS	108176.8	-10.30256	-10.30194	1.000000	0.999900		*
	GED	120611.5	-11.48679	-11.48605	1.000000	1.000000		*
	STUDENT	121464.9	-11.56807	-11.56733	1.000000	1.000000		*
APARCH	GAUSS	108641.6	-10.34674	-10.346	0.113100	0.011799		
	GED	120798.1	-11.50446	-11.50359	0.080700	0.009609	+	*
	STUDENT	121829.8	-11.60272	-11.60186	0.127800	0.010447	+	*
IGARCH	GAUSS	48281.2	-10.919977	-10.918885	1.000000	1.000000	+	*
	GED	54450.5	-12.315438	-12.314346	1.000000	1.000000		
	STUDENT	58150	-13.152013	-13.150648	1.000000	1.000000	+	*
FIGARCH	GAUSS	93297.5	-8.885421	-8.884803	0.996740	0.986200	+	
	GED	105282.679	-10.026828	-10.026086	1.000000	1.000000	+	*
	STUDENT	96682.3	-9.207703	-9.206961	0.999640	0.998400		
GAS	GAUSS	75684.117	-7.207973	-7.207479	0.989523	0.951800	+	*
	GED	75551.7	-7.195271	-7.194653	0.987874	0.947200	+	*
	STUDENT	93948.7	-8.947441	-8.946823	0.000000	0.078800	+	*

IPC								
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)		
GARCH	GAUSS	114751.1	-10.92882	-10.92832	0.006000	0.999900		*
	GED	132641.4	-12.63264	-12.63203	0.997000	1.000000		*
	STUDENT	133770.4	-12.74017	-12.73955	0.998000	1.000000	+	*
ACGARCH	GAUSS	114310.5	-10.88657	-10.88571	0.016400	0.001828		
	GED	132658.8	-12.63411	-12.63324	0.021700	0.002174	+	
	STUDENT	133925.5	-12.75475	-12.75389	0.024700	0.002422		
TARCH	GAUSS	114978.4	-10.95037	-10.94975	0.001000	1.000000		*
	GED	132646	-12.63298	-12.63224	0.997000	1.000000		*
	STUDENT	133770.9	-12.74012	-12.73938	0.998000	1.000000		*
EGARCH	GAUSS	114741.7	-10.92783	-10.92721	1.000000	0.998000		*
	GED	131474.5	-12.52141	-12.52067	1.000000	1.000000		*
	STUDENT	133583.8	-12.7223	-12.72156	1.000000	1.000000		*
APARCH	GAUSS	114978.6	-10.95029	-10.94955	0.062800	0.009036		*
	GED	132876.7	-12.65486	-12.65399	0.021200	0.002005		*
	STUDENT	134141.2	-12.77529	-12.77442	0.020300	0.001894		
IGARCH	GAUSS	48514.5	-10.97274	-10.971648	1.000000	1.000000		
	GED	58225.514	-13.169309	-13.168217	1.000000	1.000000		
	STUDENT	48514.5	-10.97274	-10.971648	1.000000	1.000000	+	*
FIGARCH	GAUSS	96261.6	-9.167728	-9.16711	0.991694	0.972000	+	
	GED	107187	-10.208156	-10.207415	1.000000	1.000000	+	*
	STUDENT	109122	-10.392472	-10.39173	1.000000	1.000000		
GAS	GAUSS	86209.617	-8.21045	-8.209955	0.999519	0.995500	+	*
	GED	84487.9	-8.04637	-8.045752	0.999993	0.999700	+	*

	STUDENT	86186.6	-8.208159	-8.207541	0.999914	0.995600	+	*
IPSA								
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)		
GARCH	GAUSS	104310.1	-9.934391	-9.933897	0.159000	1.000000	+	*
	GED	132308.8	-12.60096	-12.60034	1.000000	1.000000		*
	STUDENT	132084.3	-12.57958	-12.57896	1.000000	1.000000		*
ACGARCH	GAUSS	104601.5	-9.961857	-9.960991	0.008700	0.000908		*
	GED	132602.6	-12.62875	-12.62789	0.008400	0.000857		*
	STUDENT	132082.9	-12.57925	-12.57839	0.015700	0.001566		
TARCH	GAUSS	106679.9	-10.16	-10.15938	0.298000	1.000000		*
	GED	132308.8	-12.60087	-12.60013	1.000000	1.000000		
	STUDENT	113818	-10.83975	-10.83901	0.164000	1.000000		
EGARCH	GAUSS	106957.6	-10.18644	-10.18583	1.000000	0.999900		*
	GED	131653.4	-12.53844	-12.5377	1.000000	1.000000		*
	STUDENT	132348.9	-12.60468	-12.60394	1.000000	1.000000		*
APARCH	GAUSS	107912.8	-10.27733	-10.27659	0.033100	0.005126		*
	GED	132561.8	-12.62487	-12.62401	0.076400	0.007189		*
	STUDENT	132785.9	-12.64621	-12.64535	0.055100	0.004480	+	
IGARCH	GAUSS	49429.3	-11.179676	-11.178584	1.000000	1.000000		
	GED	29885.552	-6.759229	-6.75841	0.076669	0.163800	+	
	STUDENT	49378.981	-11.168283	-11.168283	1.000000	1.000000	+	*
FIGARCH	GAUSS	92822.932	-8.840224	-8.839606	1.000000	1.000000	+	
	GED	95650.253	-9.10941	-9.108669	1.000000	1.000000	+	*
	STUDENT	120795	-11.504225	-11.503484	1.000000	1.000000	+	*
GAS	GAUSS	73829	-7.031291	-7.030796	0.999998	0.999900	+	*
	GED	73710.6	-7.019916	-7.019298	0.999999	0.999900	+	*
	STUDENT	128048	-12.195187	-12.194569	1.000000	1.000000	+	*
KOSPI								
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)		
GARCH	GAUSS	108232	-10.30792	-10.30743	0.095000	1.000000		*
	GED	124622.5	-11.8689	-11.86828	1.000000	1.000000	+	*
	STUDENT	125363.7	-11.93949	-11.93887	0.991000	1.000000	+	*
ACGARCH	GAUSS	108155.6	-10.30035	-10.29949	0.017200	0.001833		*
	GED	124653	-11.87161	-11.87075	0.008109	0.008109		
	STUDENT	125400.4	-11.9428	-11.94194	0.099900	0.009536		
TARCH	GAUSS	108927.9	-10.37411	-10.37349	0.046000	1.000000		*
	GED	124632	-11.8697	-11.86896	0.991000	1.000000	+	*
	STUDENT	125387.5	-11.94167	-11.94093	0.991000	1.000000	+	*
EGARCH	GAUSS	108547.5	-10.33787	-10.33726	1.000000	0.954400		*
	GED	124672	-11.87352	-11.87278	1.000000	1.000000		*
	STUDENT	125551.7	-11.9573	-11.95656	1.000000	1.000000		*
APARCH	GAUSS	109081.7	-10.38866	-10.38792	0.101900	0.999		*
	GED	124789	-11.88456	-11.8837	0.164300	0.99999	+	*
	STUDENT	125974.7	-11.9975	-11.99663	0.052	0.003	+	*
IGARCH	GAUSS	48433.792	-10.954941	-10.954395	1.000000	1.000000		
	GED	53756.917	-12.158543	-12.157451	1.000000	1.000000	+	*
	STUDENT	48593.04	-10.990509	-10.989417	1.000000	1.000000		*
FIGARCH	GAUSS	94856.191	-9.033877	-9.033259	0.999829	0.998100	+	
	GED	107014.718	-10.191792	-10.19105	1.000000	1.000000	+	
	STUDENT	120299	-11.457033	-11.456292	1.000000	1.000000	+	
GAS	GAUSS	79725.822	-7.592916	-7.592422	0.999701	0.996400	+	*
	GED	79481.9	-7.56959	-7.568972	0.999696	0.996400	+	*
	STUDENT	109623	-10.44031	-10.439692	0.999994	0.999000	+	*

Merval							
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	99598.76	-9.485667	-9.485172	0.000000	1.000000	+ *
	GED	117366.7	-11.17783	-11.17721	0.033000	1.000000	+ *
	STUDENT	118540.8	-11.28966	-11.28904	0.044000	1.000000	+ *
ACGARCH	GAUSS	100562	-9.577125	-9.576259	0.055000	0.003355	*
	GED	117368.2	-11.17779	-11.17692	0.054700	0.005406	+
	STUDENT	118542	-11.28959	-11.28872	0.053700	0.005299	+
TARCH	GAUSS	99673.35	-9.492676	-9.492057	0.000000	1.000000	*
	GED	117367.5	-11.17782	-11.17708	0.032000	1.000000	+ *
	STUDENT	118546.4	-11.2901	-11.28936	0.042000	1.000000	+ *
EGARCH	GAUSS	99730.59	-9.498128	-9.497509	1.000000	0.999900	*
	GED	117258.6	-11.16744	-11.1667	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	118424.3	-11.27847	-11.27773	1.000000	0.996900	*
APARCH	GAUSS	100558.5	-9.57688	-9.576139	4.797400	0.8962	*
	GED	117481.9	-11.18862	-11.18776	0.046200	0.004109	+
	STUDENT	118743.4	-11.30876	-11.3079	0.041900	0.003647	+
IGARCH	GAUSS	40358.805	-9.128434	-9.127888	0.810101	1.000000	+ *
	GED	50769.4	11.482559	-11.48119	1.000000	1.000000	+ *
	STUDENT	43557.1	-9.85142	-9.850328	0.943597	1.000000	+ *
FIGARCH	GAUSS	99372.584	-9.46403	-9.463412	1.000000	1.000000	+ *
	GED	97975.524	-9.330875	-9.330134	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	117314	-11.17271	-11.17271	1.000000	1.000000	+ *
GAS	GAUSS	69413.588	-6.610752	-6.610752	0.989675	0.970500	+ *
	GED	69548.8	-6.623531	-6.622913	0.992339	0.976000	+ *
	STUDENT	87377.5	-8.321583	-8.320965	0.000040	0.000000	+ *

SPTSX							
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	108817.4	-10.36367	-10.36318	0.002000	1.000000	*
	GED	135624.3	-12.91674	-12.91612	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	137332.2	-13.07941	-13.07879	1.000000	1.000000	+ *
ACGARCH	GAUSS	108014	-10.28687	-10.286	0.016600	0.001548	*
	GED	135420.9	-12.89717	-12.89631	0.020200	0.002014	*
	STUDENT	137526.9	-13.09776	-13.09689	0.000700	0.000066	*
TARCH	GAUSS	109942.6	-10.47084	-10.47035	0.967000	1.000000	
	GED	135642.9	-12.91841	-12.91767	1.000000	1.000000	+ *
	STUDENT	137351.4	-13.08114	-13.0804	1.000000	1.000000	+ *
EGARCH	GAUSS	111771.2	-10.64491	-10.64429	1.000000	1.000000	*
	GED	135422	-12.89737	-12.89663	0.997000	1.000000	*
	STUDENT	116253.2	-11.07169	-11.07095	1.000000	0.994200	
APARCH	GAUSS	112898.8	-10.7522	-10.75146	0.018700	0.000832	+
	GED	135969.9	-12.94946	-12.94859	0.008800	0.000859	+ *
	STUDENT	137898.9	-13.13319	-13.13232	0.001300	0.000126	+ *
IGARCH	GAUSS	46509.6	-10.51971	-10.519164	0.999604	0.984900	
	GED	62826.166	-14.209719	-14.208354	1.000000	1.000000	
	STUDENT	46134.037	-10.434299	-10.433207	1.000000	1.000000	+ *
FIGARCH	GAUSS	108605.477	-10.343395	-10.342777	1.000000	1.000000	+ *
	GED	100206.965	-9.543404	-9.542662	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	95573.9	-9.102141	-9.101399	0.999997	1.000000	*
GAS	GAUSS	78250.721	-7.452424	-7.451929	0.999967	0.999300	+ *
	GED	78152.7	-7.442992	-7.442374	0.999979	0.999500	+ *
	STUDENT	85310	-8.124672	-8.124054	0.999997	0.999400	+ *

SPX							
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	107682.9	-10.25563	-10.25513	0.917000	1.000000	*
	GED	129595.6	-12.34265	-12.34215	0.998000	1.000000	*
	STUDENT	131162	-12.49174	-12.49112	0.998000	1.000000	*
ACGARCH	GAUSS	107385	-10.22696	-10.2261	0.058700	0.005652	*
	GED	129428.7	-12.32646	-12.3256	0.019600	0.001947	*
	STUDENT	131095.2	-12.48518	-12.48432	0.017000	0.001684	
TARCH	GAUSS	107702.1	-10.25736	-10.25674	0.877000	1.000000	*
	GED	129679.4	-12.35044	-12.3497	0.032000	1.000000	*
	STUDENT	131217.1	-12.49689	-12.49614	0.997000	1.000000	*
EGARCH	GAUSS	111107.3	-10.58168	-10.58106	1.000000	0.954100	*
	GED	129830.6	-12.36484	-12.3641	0.984000	1.000000	*
	STUDENT	131020.6	-12.47818	-12.47744	1.000000	1.000000	
APARCH	GAUSS	111174.8	-10.58801	-10.58727	0.028500	0.002364	+ *
	GED	130276.8	-12.40724	-12.40637	0.027800	0.002589	+
	STUDENT	132032.7	-12.57447	-12.57361	0.026700	0.002543	+ *
IGARCH	GAUSS	45396.675	-10.267965	-10.267419	1.000000	1.000000	
	GED	58502	-13.231618	-13.230253	1.000000	1.000000	
	STUDENT	45716.172	-10.339781	-10.339781	1.000000	1.000000	*
FIGARCH	GAUSS	107008.157	-10.191262	-10.190644	1.000000	1.000000	+ *
	GED	104887.109	-9.989153	-9.988411	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	95365.4	-9.082283	-9.081542	0.999804	0.998800	+ *
GAS	GAUSS	77353.5	-7.366971	-7.366477	0.998779	0.992000	+ *
	GED	77270.8	-7.358996	-7.358378	0.999200	0.994000	+ *
	STUDENT	117718	-11.211307	-11.210689	1.000000	1.000000	+ *

UKX							
Modelo		LogL	AIC	HQ	Q (10)	ARCH(5)	
GARCH	GAUSS	107170.4	-10.20681	-10.20632	0.932000	1.000000	+ *
	GED	132066.3	-12.57787	-12.57725	1.000000	1.000000	*
	STUDENT	133389.9	-12.70392	-12.70331	0.993000	1.000000	+ *
ACGARCH	GAUSS	105993.2	-10.09441	-10.09354	0.013400	0.001349	*
	GED	132005.1	-12.57184	-12.57098	0.009900	0.000978	
	STUDENT	133577.7	-12.72163	-12.72076	0.007800	0.000770	
TARCH	GAUSS	107251.3	-10.21442	-10.2138	0.879000	1.000000	*
	GED	102886	-9.798559	-9.797817	0.961000	1.000000	*
	STUDENT	133594.8	-12.72335	-12.72261	1.000000	1.000000	+ *
EGARCH	GAUSS	106346.3	-10.12822	-10.1276	1.000000	1.000000	*
	GED	132481.3	-12.6173	-12.61656	0.995000	1.000000	*
	STUDENT	133573.8	-12.72135	-12.72061	1.000000	1.000000	*
APARCH	GAUSS	108603.4	-10.3431	-10.34236	0.001398	0.013200	+ *
	GED	132675.6	-12.6357	-12.63484	0.004200	0.000419	+
	STUDENT	134518	-12.81118	-12.81032	0.003400	0.000335	+ *
IGARCH	GAUSS	40704.2	-9.206566	-9.20602	1.000000	1.000000	+ *
	GED	58771.098	-13.29249	-13.291125	1.000000	1.000000	+ *
	STUDENT	44089.5	-9.97183	-9.97183	1.000000	1.000000	*
FIGARCH	GAUSS	100604.104	-9.581323	-9.580705	1.000000	1.000000	+
	GED	96077.9	-9.150137	-9.149395	1.000000	1.000000	+
	STUDENT	95716.24	-9.115695	-9.115695	1.000000	1.000000	+ *
GAS	GAUSS	76210.8	-7.25814	-7.25814	0.999985	0.999500	+ *
	GED	76137.8	-7.251084	-7.250466	0.999987	0.999600	+ *
	STUDENT	129107	-12.296044	-12.295426	1.000000	1.000000	+ *



Eficiencia y productividad en el deporte como indicador de desarrollo territorial: el caso de las CCAA españolas (2011-2018)

GARCÍA MÁRQUEZ, FRANCISCO ANTONIO

Universidad de Cádiz (España)

Correo electrónico: paco.garciamarquez@alum.uca.es

PÉREZ GONZÁLEZ, MARÍA DEL CARMEN

Universidad de Cádiz (España)

Correo electrónico: maricarmen.perez@gm.uca.es

MAZA ÁVILA, FRANCISCO JAVIER

Universidad de Cartagena (Colombia)

Correo electrónico: fmazaa@unicartagena.edu.co

RESUMEN

El presente artículo analiza la relación existente entre deporte y desarrollo territorial. A partir de un análisis envolvente de datos (DEA), del cálculo del índice de Malmquist y de un modelo de regresión Tobit, con el uso de variables de inversión, competitividad y éxitos deportivos, se quiere ahondar en el conocimiento de este binomio para el caso concreto de las comunidades autónomas españolas para 2011, 2015 y 2018, primero y último del que se disponen de datos, además del año intermedio. Los principales resultados muestran unas diferencias y especificidades territoriales importantes en el deporte de España y refuerzan la estrecha relación antes comentada.

Palabras clave: deporte; desarrollo territorial; España; DEA; Malmquist; Tobit.

Clasificación JEL: O10, O18.

MSC2010: 30D35, 62G05, 90C05, 91B82, 91B06.

Efficiency and productivity in sport as an indicator of territorial development: the case of the Spanish Autonomous Communities (2011-2018)

ABSTRACT

This article analyzes the relationship between sport and territorial development. From a Data envelopment analysis (DEA), the Malmquist index and a Tobit regression model, with the use of investment, competitiveness and sports success variables, we want to delve into the knowledge of this binomial for the specific case of the Spanish Autonomous Communities for 2011, 2015 and 2018, first and last year for which data is available, and an intermediate year. The main results show important territorial differences and specificities in sport in Spain and reinforce the close relationship mentioned above.

Keywords: sport; territorial development; Spain; DEA; Malmquist; Tobit.

JEL classification: O10, O18.

MSC2010: 30D35, 62G05, 90C05, 91B82, 91B06.



1. Introducción

El deporte es un indicador de vida saludable ya que, además de que con su práctica se reduce el riesgo de sufrir enfermedades (Light, 2010), ayuda a que aquellos que lo realizan adquieran valores que van más allá de la mera obtención de buenos resultados en competiciones deportivas. De hecho, las personas que hacen deporte mejoran habilidades sociales tales como el trabajo en equipo, la resolución de problemas (Baciu & Baciu, 2015) y el afán de superación (Sanmartín et al., 2010), lo que tiene una vinculación directa con la disminución de las conductas violentas y el consumo de drogas entre los ciudadanos (Hernández et al., 2018) o con el absentismo escolar entre los niños y jóvenes (Marvul, 2012), creando escenarios de paz seguros que pueden influir en el crecimiento económico, empresarial y social (Welty et al., 2018) o en el fortalecimiento de redes de colaboración (Ruiz, 2015). Todos estos aspectos afectan directa o indirectamente en los territorios (Sanmartín et al., 2010).

El deporte en España ocupa un papel importante en su realidad social, política y económica. De hecho, según el Anuario de Estadísticas Deportivas 2020, más de 219 mil personas trabajaron en el sector en 2019, a pesar de contar con tasas de temporalidad y de empleo a tiempo parcial elevadas. A ello hay que sumarle un número importante de empresas vinculadas al deporte (36.793 a principios del 2019) y unas inversiones públicas en el sector que se situaron en unos 2.378 millones de euros en 2018 (0,23% del PIB). Además, en el aspecto turístico (sector que supuso el 12,4% del PIB del país en 2019 según el INE), el deporte también tiene una significación a destacar, puesto que un 4,6% de los viajes realizados en 2019 fueron motivados por causas deportivas.

Ante el papel que juega el deporte en el desarrollo de los territorios y al bienestar de las personas, es necesario que los organismos públicos y privados dediquen esfuerzos adicionales en el conocimiento, análisis y control de medidas y propuestas en materia deportiva, puesto que se debe considerar un éxito que la población realice algún tipo de actividad física (Light, 2010; Hernández et al., 2018). Toda esa información puede utilizarse para aplicar de forma eficaz medidas públicas y privadas, sin necesidad de confiar exclusivamente en resultados analíticos estrictamente medibles (Suárez & Osuna, 2012).

Por lo anterior, el presente artículo analiza la eficiencia y la productividad del sector del deporte en sus Comunidades Autónomas (CCAA) con el objetivo de identificar aquellas que aprovechan y distribuyen sus recursos deportivos de forma más adecuada. Así mismo, se plantea posteriormente un análisis Tobit, que es un modelo estadístico que ayuda a identificar cuántos de esos resultados se explican por factores no incluidos en esa primera evaluación (Herrera & Francke-Ballve, 2009). De esta manera, se pretende comprobar cómo el territorio con sus especificaciones puede incidir significativamente en un mejor empleo de sus recursos (Pérez & Palma, 2015). La investigación se ha realizado haciendo una comparación entre los años 2011, 2015 y 2018, para así mostrar los contrastes en tres periodos de los últimos 10 años.

El presente artículo cuenta con la siguiente estructura. Tras este apartado introductorio, se plantean tanto los antecedentes, como la relación existente entre deporte, desarrollo y competitividad. A continuación, se describe la metodología empleada para la consecución de los objetivos de esta investigación. Posteriormente, se detallan los resultados alcanzados tras los análisis efectuados, además de las principales conclusiones derivadas de esta investigación. Los últimos apartados corresponden a la bibliografía y a los anexos.

2. Antecedentes

El estudio de la eficiencia y productividad en el empleo de recursos públicos y privados en el desarrollo de los territorios ha sido revisado extensamente en los últimos años (Narbón & De Witte, 2018). A pesar de ser una labor compleja, puesto que se debe tener en cuenta el contexto heterogéneo y las particularidades de cada territorio, su uso ofrece beneficios en ámbitos dispares como el económico, el político y el social (Nieto et al., 2017).

Este debate de la eficiencia se suele enfocar en el uso de los recursos públicos a nivel nacional, centrándose en el desempeño de sectores clave para el desarrollo del territorio, con el objetivo de ofrecer información estratégica para la toma de decisiones políticas, sociales y empresariales que potencien ese posible crecimiento (De Jorge et al., 2019).

El periodo de crisis económica que comenzó en 2007, ha llevado también a varios autores a investigar acerca de la gestión y asignación eficiente de recursos, así como la producción y competitividad de las empresas públicas y privadas (Moreno & Lozano, 2015; 2018). En cualquier caso, tras el uso de estos análisis, el empleo eficiente de los inputs en las organizaciones suele mejorar su eficiencia de forma habitual, debido a una mejor adaptación al entorno, al combate del fraude o a una apuesta por la calidad (Fernández & Rodríguez, 2018).

En los últimos años se han desarrollado varios trabajos que estudian la eficiencia de la gestión deportiva a partir de análisis envolvente de datos (DEA), entre los que destacan los de Jácome y Delgado (2017), Bolen et al. (2017), Flegl y Andrade (2018) o Benito et al. (2012). Así mismo, en algunos casos, a este primer análisis le sigue el cálculo de la competitividad por medio del Índice de Malmquist. Algunos de los autores que han utilizado ambos para llevar a cabo sus investigaciones en el campo del deporte son Brosed et al. (2014), Espitia et al. (2008), Moreno & Lozano (2015), Kern et al. (2012) y Guzmán (2006). Sin embargo, no es un análisis empleado en exceso en el ámbito deportivo (Kern et al., 2012), por lo que su utilización supone una oportunidad para este tipo de análisis.

Por último, se va a llevar a cabo un análisis post DEA, que plantea la construcción de un modelo de regresión a partir de los resultados obtenidos tras el primer estudio de eficiencia, tomando como variables explicativas aquellas sobre las que los territorios analizados, en principio, no tienen injerencia, con el objetivo de identificar cuántos de esos resultados son explicados por factores que no se han incluido en esa primera evaluación (Herrera & Francke-Ballve, 2009). Este modelo Tobit es utilizado de forma común en estos análisis, dada su contrastada eficacia en proporción de resultados que esclarecen qué factores están relacionados con la eficiencia obtenida tras el análisis DEA (Hoff, 2007). De hecho, es utilizado en investigaciones que miden el empleo de inputs en sectores dispares como el turismo, la economía y la empresa, debido al interés creciente en el control del gasto y en la consecución de mejores resultados a partir de los menores recursos posibles (Afonso & Aubyn, 2006; Guzmán, 2006; Simar & Wilson, 2007).

Por tanto, el uso de este tipo de análisis puede proporcionar resultados que permitan esclarecer qué factores están relacionados con la eficiencia obtenida por el DEA, de esta manera su conocimiento puede ayudar de cara a la toma de decisiones de todos los actores implicados y al planteamiento de conclusiones que pongan en valor el binomio actividad física-territorio.

3. Deporte, desarrollo y competitividad

El deporte es una actividad que, por medio de políticas bien planificadas, ejecutadas y controladas, puede presentar una oportunidad que favorezca el desarrollo de los territorios (Benito et al., 2012). De hecho, es considerado un indicador de bienestar de la ciudadanía (Sanmartín et al., 2010), puesto que contribuye no solo a la salud física del deportista, sino también a su desarrollo social, personal y cultural, siendo especialmente significativa su incidencia entre los más jóvenes (Light, 2010; Baciú & Baciú, 2015), en los ancianos (Rodríguez et al., 2017) y en la población minusválida (Wilhite et al., 2016; Nemcek, 2016).

Es por ello que el binomio deporte-calidad de vida es estudiado de forma frecuente en la literatura, dada su posible influencia en el desarrollo de los territorios (Paunescu et al., 2018). Algunas de estas investigaciones tratan el efecto de la actividad física en los hábitos de consumo de alcohol entre los jóvenes (Hoffmann, 2006); la superior percepción de la calidad de vida en los deportistas individuales que en los de equipo (Paunescu et al., 2018); así como en las personas con minusvalía que

realizan frecuentemente actividad física en contraposición de las que no (Nemcek, 2016); o el papel que juega el deporte para que las personas con discapacidad tengan más opciones de conseguir sus objetivos vitales (Wilhite et al., 2016).

En ese mismo sentido, existen indicadores relacionados con el deporte, que pueden influir en la satisfacción global con la vida de los ciudadanos y, por consiguiente, en su territorio, como son la pasión por el deporte que se practica (Méndez et al., 2016), la satisfacción con el tiempo libre del que se dispone, los logros vitales alcanzados, la salud (Turosz & Olech, 2011), la seguridad del entorno en el que se compite, la interacción social o los resultados deportivos de un evento en concreto (Theodorakis et al., 2015).

La relación felicidad-deporte es otro concepto de reciente estudio, destacando las investigaciones de su influencia en aspectos tales como la calidad percibida, la satisfacción, la confianza en los demás y las relaciones sociales que se crean en un territorio (Núñez et al., 2019). De esta manera, los actores públicos, privados y federativos pueden invertir esfuerzos en maximizar la felicidad de los atletas, enfocándose en la consecución final de éxitos deportivos a todos los niveles (Núñez et al., 2020), creando escenarios de fraternidad en el territorio, lo que puede generar en una oportunidad de desarrollo y crecimiento económico (Welty et al., 2018).

Los motivos fundamentales por los que el deporte parece favorecer mayores niveles de felicidad entre los que lo practican, tienen que ver con la mejora en la socialización y en las habilidades sociales, la ayuda a la desconexión de los problemas diarios, la propia diversión del juego y el favorecimiento de la salud, siendo mínima la diferencia existente entre géneros (Durán et al., 2017).

Desde el punto de vista del deporte competitivo, se ha de tener en cuenta cómo multitud de emociones y sentimientos pueden afectar en el día a día del deportista y en su rendimiento (Sagar et al., 2011). De hecho, a medida que estos compiten en ligas de más nivel o avanzan hacia objetivos más ambiciosos, el miedo al fallo y el perfeccionamiento interpersonal pueden llegar a causar problemas físicos y psicológicos en el atleta, tales como estrés o insomnio (Correia et al., 2018), que favorecen que los individuos no sean felices mientras llevan a cabo la práctica de su deporte o que perciban que tienen menos calidad de vida por el hecho de competir o que no valoren de igual manera el entorno seguro en el que viven (Sagar et al., 2011; Pineda et al., 2019). Esta presión suele estar ocasionada por emociones subjetivas propias o ambientales (habitualmente de progenitores o entrenadores) entre las que destacan las altas expectativas de éxito, el miedo al fracaso o las críticas externas a su rendimiento deportivo (Pineda et al., 2019).

La motivación del atleta que compite en cualquier tipo de campeonatos puede tener repercusión en la consecución de sus logros (Stodolska et al., 2014). Normalmente son los progenitores, entrenadores y compañeros de los deportistas aquellos que más influyen en ese apoyo y confianza (Keegan et al., 2010). Además, las relaciones sociales que se producen entre los jóvenes gimnastas y sus mentores suelen tener un impacto duradero del que puede beneficiarse el propio territorio en el futuro de cara a nuevas oportunidades laborales o empresariales (Bruening et al., 2015).

De igual modo, los eventos deportivos y la mera práctica atlética ayudan a crear espacios seguros y organizaciones de paz en el territorio (Welty et al., 2018) y a fomentar el sentido de comunidad y pertenencia entre sus ciudadanos, incidiendo en la consecución de las metas específicas de los participantes en el campeonato y en el fomento del deporte (Peachey et al., 2013). Por tales razones, se puede establecer un círculo virtuoso entre una mejor práctica deportiva y la confianza en los demás, el entorno seguro en el que se compite, el trabajo duro y la atención diaria a los detalles (Donoso et al., 2017).

Todos estos argumentos sirven como justificación para poner en valor la estrecha relación existente entre deporte y desarrollo territorial por su influencia en la salud física y mental de los que practican deporte y en la mejora de sus habilidades sociales. Ello repercute de forma directa en su calidad de vida, felicidad, motivación y confianza en los demás, aspectos de fuerte incidencia territorial,

debido a las oportunidades que presenta de cara a la creación de espacios seguros, la potenciación del sentimiento de pertenencia de sus ciudadanos y demás posibilidades empresariales, económicas, sociales y culturales que pueden ayudar a potenciar (Benito et al., 2012).

4. Metodología

El presente artículo analiza la eficiencia en los logros deportivos de las CCAA españolas mediante un análisis DEA, que es un procedimiento no paramétrico basado en la programación lineal, que permite la evaluación de la eficiencia relativa de cada unidad productiva en función de la producción obtenida a partir de los recursos disponibles (Maza et al., 2017). Para el cálculo de la productividad, se recurre al Índice de Malmquist (IM), que descompone los cambios productivos en función de los efectos de las posibles variaciones en eficiencia o en tecnología (Maza et al., 2017).

Se utilizan ambas técnicas por ser idóneas para llevar a cabo una evaluación de eficiencia y productividad en las inversiones en gasto público y privado, dando solución a un mejor control de los recursos (Pérez et al., 2016). A partir del mismo, los resultados de las diferentes CCAA son eficientes cuando, a partir de las variables inputs seleccionadas, se alcanzan una mayor cantidad de outputs (Maza et al., 2017).

Conociendo que existen n CCAA y que cada una de ellas precisa de diferentes inputs para producir outputs, la CCAA $_j$ utiliza valores $X_j = x_{ij}$ inputs ($i = 1, 2, \dots, m$) y genera $Y_j = y_{kj}$ outputs ($k = 1, 2, \dots, s$). A continuación, se detallan las fórmulas empleadas:

$$\begin{array}{ll}
 \text{MIN } \sum_{i=1}^m \gamma_i x_{i0} & \text{MAX } \gamma_0 + \varepsilon [\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^-] \\
 \text{s.a: } \sum_{k=1}^m u_{k0} y_{k0} = 1 & \text{s.a: } \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j = x_{i0} - h_i^- \quad \forall i \\
 -\sum_{i=1}^m \gamma_i x_i + \sum_{k=1}^s u_{jk} y_{jk} \leq 0 \quad \forall j & \sum_{j=1}^m y_k \lambda_j = y_{k0} \gamma_0 + h_k^+ \quad \forall k \\
 v_j \geq \varepsilon > 0 \quad \forall i, j & \gamma_0 \text{ irrestricta} \\
 u_j \geq \varepsilon > 0 \quad \forall k, j & \lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad \forall j, i, k
 \end{array}$$

Se analiza la información de inputs y outputs para tres años 2011, 2015 y 2018. Para la realización de los análisis se ha empleado un modo de escala variable y, en los casos en que haya sido necesario, se han sustituido los valores 0 por 0,01, evitando así que se cometan errores de medición (Pérez et al., 2016).

Por otra parte, el IM es una técnica no paramétrica, que se utiliza para calcular cambios productivos entre dos periodos (Espitia et al., 2008). A partir del mismo, se puede conocer el índice de productividad total en cada una de las CCAA que se han estudiado en el DEA y analizar las variaciones de la producción que no surgen por cambios cuantitativos de capital y trabajo. Éste se elabora considerando como CCAA a $i = 1, i = 2 \dots$ y con periodos de tiempo a $t = 1, t = 2 \dots$. En este caso, las CCAA utilizan m inputs x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) para producir s outputs y_{rj} ($r = 1, \dots, s$):

$$P = \{(X_t, Y_t) / X \text{ puede producir } Y\}$$

Teniendo en cuenta la función a partir de dos periodos temporales distintos (t y $t+1$), y suponiendo un nivel tecnológico dado, se calculan las diferencias de tecnología y el cambio de productividad. Si se asume ese cambio tecnológico, se debe aplicar el cambio productivo producido en el periodo (t y $t+1$). En este caso concreto, se toma como índice de una CCAA a la media geométrica de los dos resultados posibles en el periodo (Pérez et al., 2016):

$$M_i(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[\left(\frac{D_i^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_i^t(X^t, Y^t)} \right) \left(\frac{D_i^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_i^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2}$$

La fórmula anterior se divide entre los cambios sufridos en la eficiencia (CE) y en la tecnología (CT). En el caso del primero, los resultados positivos indican un aumento de la eficiencia de las CCAA, lo que demuestra una mejora en sus resultados de inversión de un periodo a otro, en función de sus outputs. En cuanto a los CT, los resultados más altos muestran un aumento de la productividad en sus inversiones públicas y privadas por medio de mejoras administrativas, de gestión u organización. Se considera que una CCAA ha aumentado su eficiencia o tecnología si obtiene un resultado mayor a 1, mientras que, si su valor es menor a la unidad, se muestra una disminución de ambas (Maza et al., 2012). Para el cálculo del IM se ha usado el mismo tipo de rendimiento que para el análisis DEA.

Por último, se realiza un modelo de regresión Tobit con la intención de proporcionar resultados que permitan esclarecer qué factores están relacionados con la eficiencia obtenida por el DEA, a partir de las variables que se usaron. El resultado del análisis envolvente de datos se caracteriza por estar censurada entre 0 y 100, por lo que el uso de modelos de regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios puede traer resultados inconsistentes (Hoff, 2007). Por tal motivo, se estima un modelo Tobit de máxima verosimilitud bajo los supuestos de homocedasticidad y normalidad (Herrera & Francke-Ballve, 2009). El modelo Tobit se puede describir de la siguiente forma:

$$y_i^* = x_i + \beta + \varepsilon_i$$

La variable x_i es un vector k de observaciones de la constante y k - 1 explicativas del factor de eficiencia y β es el vector k - 1 de los coeficientes desconocidos; ε_i/x_i cuenta con media cero y varianza σ^2 (McDonald, 2009). En este modelo Tobit, los índices de eficiencia observados y^i son los valores censurados de y_i^* , es decir, los comprendidos por debajo de 0 y por encima de 100.

Si $y_i^* \leq 0$; la eficiencia de una unidad de producción i-ésima es $y_i^* = 0$

Si $y_i^* \geq 1$; $y_i^* = 1$

Si $0 < y_i^* < 1$; $y_i = y_i^*$

Tal y como ocurre en otros trabajos que analizan la situación para las CCAA españolas, en este estudio no se van a incluir a las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla debido a su especial situación geográfica y demográfica (Pérez & Palma, 2015). La metodología seleccionada se plantea a partir de las variables recogidas en la tabla 1, cuyo ámbito geográfico es todo el territorio nacional, y comprenden los recursos públicos, privados y federativos empleados en la consecución de éxitos deportivos, el número de ciudadanos que practican deporte a nivel federativo y el de medallas conseguidas en ciertos campeonatos oficiales (Tablas 6 y 7). Este tipo de variable ya han sido utilizadas en otras investigaciones del campo incluidas en la revisión de la literatura (Bolen et al., 2017; Brosed et al., 2014; Maza et al., 2017; Moreno & Lozano, 2015; Pérez & Palma, 2015), siendo ésta la primera vez que se analizan de forma conjunta.

Tabla 1. Variables consideradas para el análisis DEA y el IM.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Gasto liquidado per cápita en deporte por la Administración local por CCAA (GP)	- INPUT. Mide el gasto en deporte de la Administración local y se toma como aproximación al gasto público.
Empresas vinculadas al deporte por CCAA por cada cien mil habitantes (Empresas)	- INPUT. Se toma como aproximación al esfuerzo empresarial y está compuesta por las empresas cuya actividad económica principal es el deporte según la CNAE 2009.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Clubes deportivos federados por CCAA por cada cien mil habitantes (Clubes)	- INPUT. Los clubes deportivos son asociaciones privadas, que tienen por objeto la promoción y práctica deportiva y deben estar inscritos en el Registro de Asociaciones Deportivas.
Licencias federadas por CCAA por cada cien mil habitantes (Licencias)	- OUTPUT. Deportistas que cuenten con una licencia federativa para la práctica de un deporte; es decir, aquellos que, animados por políticas públicas, el esfuerzo empresarial y la labor de los clubes, dedican parte de su tiempo a la competición deportiva de cualquier nivel.
Medallas obtenidas en Campeonatos de España en edad escolar por CCAA por cada cien participantes (MCE)	- OUTPUT. Convocadas anualmente por el Consejo Superior de Deportes, en la que participan aquéllos que representan a la CCAA donde se ubica su centro educativo.
Medallas obtenidas en Campeonatos de España Universitarios por CCAA por cada cien participantes (MCU)	- OUTPUT. Convocadas anualmente por el Consejo Superior de Deportes, en la que participan los matriculados en una universidad representada en el Comité Español de Deporte Universitario.

Fuente: Elaboración propia a partir del *Anuario de Estadísticas Deportivas 2020*.

Se han relativizado estas variables en función de los habitantes de cada año (INE, 2020) y los participantes de cada campeonato (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2020) para analizar y comparar su impacto de manera homogénea (Longvah & Prasad, 2020). Así mismo, con el objetivo de comprobar la posible presencia de valores atípicos que puedan influir en los resultados finales, se ha decidido incluir un diagrama de caja y bigotes para cada una de las variables analizadas (Avellón, 2019).

Las variables empleadas en el análisis Tobit se exponen en la Tabla 2. Todas ellas se utilizan como aproximación a indicadores utilizados en investigaciones previas en la materia (Correia et al., 2018; Núñez et al., 2020; Paunescu et al., 2018; Stodolska et al., 2014; Theodorakis et al., 2015; Welty et al., 2018), siendo el presente estudio el primero en analizarlas de forma conjunta.

Tabla 2. Variables consideradas para el análisis Tobit.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Ejercicio físico regular (Ejercicio)	- INPUT: Ciudadanos que declaran realizar actividad física varias veces al mes del deporte que sea.
Percepción de seguridad (Seguridad)	- INPUT. Para medir esta satisfacción se respondió a la pregunta: <i>¿Se siente seguro caminando a solas de noche en la zona en la que vive?</i>
Satisfacción global con la vida (Satisfacción)	- INPUT. Para medir la satisfacción se cuestiona la pregunta: <i>¿Cuál es su grado de satisfacción global con su vida en la actualidad?</i>
Confianza en los demás (Confianza)	- INPUT. A partir de la pregunta: <i>¿Cuál es su grado de satisfacción global con sus relaciones personales con familiares, amigos y conocidos?</i>
Sentimiento de felicidad (Felicidad)	- INPUT. Se utilizó la siguiente cuestión: <i>Durante las cuatro últimas semanas, ¿con qué frecuencia se sintió feliz?</i>
Eficiencia en la obtención de éxitos deportivos	-OUTPUT: Resultados obtenidos tras el análisis DEA. Mide el grado de eficiencia en la obtención de éxitos deportivos de cada CCAA española.

Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida, de periodicidad anual, INE.

Se toman de la *Encuesta de Condiciones de Vida* del INE para el año 2018, último del que se dispone de datos y se contrastan con los resultados de la medición de la eficiencia para ese mismo año, con la intención de mostrar la imagen más fiel ajustada al tiempo presente (Tabla 8).

Para llevar a cabo dichos análisis, se han utilizado los softwares Frontier Analyst Professional para el cálculo del DEA, EMS para el del IM y Gretl para el modelo Tobit.

5. Resultados

A continuación, se detallan los principales resultados obtenidos a partir de las tres metodologías empleadas, divididos en apartados diferentes.

5.1. Análisis de la eficiencia

En primer lugar, se muestran los resultados alcanzados tras la elaboración de los diagramas de caja y bigotes realizados para cada una de las variables empleadas en el análisis DEA. La existencia de algunos valores atípicos, ponen de manifiesto la existencia de particularidades territoriales en algunos de los territorios analizados.

El primero de ellos relaciona al GP con el País Vasco (Tabla 9), región que cuenta con unos niveles muy altos de inversión pública en cada uno de los años analizados, lo que puede ser entendido como una particularidad territorial propia. Así mismo, Aragón también presenta una cifra de Clubes superior al del resto de regiones en el periodo de estudio (Tabla 10), quizás también relacionado con sus especificaciones, puesto que es una región con un gran número de municipios con clubes municipales propios. De igual manera, Baleares (Tabla 11) ostenta una cantidad de Empresas superior al resto de CCAA, también debido a sus particularidades, dada su apuesta por el deporte de ocio más que por el de competición.

El resto de datos anómalos (MCE y MCU; Tablas 12 y 13) no parece que estén relacionados con la existencia de especificaciones territoriales propias, sino más bien a la presencia en determinados momentos puntuales de buenos equipos y deportistas que han conseguido un mayor número de medallas en alguno de esos campeonatos. Estos resultados muestran, por tanto, la existencia de particularidad territorial propia en las CCAA españolas, lo que pone de manifiesto la gran pluralidad territorial del país. Por esta razón, estas variables, que pueden considerarse atípicas, no han sido eliminadas del modelo, dado que son fiel reflejo de esta rica diversidad regional en materia deportiva.

Los resultados obtenidos tras el análisis DEA (Tabla 3) muestran, por su parte, diferencias importantes en la gestión eficiente de recursos en el sector deportivo. Se considera que cuentan con niveles de eficiencia óptimos aquellas CCAA que se califican con un 100%; niveles medios las puntuadas entre 90 y 100; y no eficientes, aquellas con valores por debajo del 90% (Maza et al., 2017).

En líneas generales, los resultados muestran que las CCAA de España no son completamente eficientes en la gestión de recursos para la consecución de éxitos deportivos, expresados en deportistas federados y medallas obtenidas, aunque se emplean de manera notable en prácticamente todos los territorios.

En el periodo mejoran la eficiencia en el empleo sus recursos las CCAA de Andalucía, Asturias, Baleares, Canarias y Galicia, llegando estos dos últimos a alcanzar tasas de eficiencia plena en 2018. Sin embargo, cada una de estas regiones ha conseguido aumentar su competitividad recurriendo a diferentes medidas, destacando los casos de Asturias y Galicia, que han conseguido un aumento considerable de su eficiencia deportiva a partir de una disminución de su gasto público y por la apuesta por la inversión privada y por políticas de fomento de la práctica deportiva.

Las CCAA que bajan sus niveles de eficiencia relativa son Aragón y Extremadura, pasando de ocupar puestos de eficiencia óptima a niveles no eficientes; Castilla y León, siendo junto a Baleares las dos únicas comunidades que se han movido en niveles no eficientes en los tres años de estudio, lo que sugiere un desinterés por un empleo eficiente de sus recursos en el sector; Castilla-La Mancha, con una caída preocupante del 35,46%; Navarra; y La Rioja, pasando de niveles medios a no eficientes. En el caso de Castilla, estos bajos resultados se producen principalmente por una disminución importante de las MCE, lo que sugiere una pérdida de competitividad posiblemente por razones tales como una mala planificación deportiva, la fuga de talento a otras CCAA o deterioros en su infraestructura.

Los bajos resultados obtenidos por Baleares merecen mención especial. Aunque sus resultados aumentan en el periodo, lo hacen de manera poco significativa. Esto se produjo por un aumento en la inversión privada en el sector y en la práctica deportiva de sus ciudadanos y de su competitividad en MCU. No obstante, es posible que su baja eficiencia relativa se deba a las especificidades territoriales propias del archipiélago y a su apuesta por el deporte de no competición, es decir, de ocio y turismo.

Las CCAA de Cantabria, Cataluña, Valencia, Madrid, Murcia y País Vasco no sufren cambios en sus excelentes niveles de eficiencia a lo largo del periodo. Eso muestra los esfuerzos realizados por contar con un sector deportivo gestionado de manera óptima competitiva.

Tabla 3. Resultados obtenidos tras el análisis DEA.

CCAA	2011	2015	2018	Δ 2011-2018
Andalucía	91,31	100	94,58	3,27
Aragón	100	98,82	86,59	-13,41
Asturias	93,98	100	95,40	1,42
Baleares	78,32	77,73	79,76	1,44
Canarias	93,47	100	100	6,53
Cantabria	100	100	100	0,00
Castilla y León	79,85	72	70,89	-8,96
Castilla-La Mancha	97,26	75,63	61,80	-35,46
Cataluña	100	100	100	0,00
Valencia	100	100	100	0,00
Extremadura	100	92,18	84,31	-15,69
Galicia	88,48	100	100	11,52
Madrid	100	100	100	0,00
Murcia	100	100	100	0,00
Navarra	100	100	98,14	-1,86
País Vasco	100	100	100	0,00
La Rioja	94,19	80,79	87,16	-7,03
Media de las CCAA	95,11	93,95	91,68	-3,43

Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen, en 2011, fueron 9 las regiones que alcanzaron niveles óptimos, 11 en 2015 y solo 8 en 2018. De hecho, la media de eficiencia relativa en deporte de las CCAA descendió en más

de 1 punto porcentual en cada uno de los años de estudio, lo que genera dudas sobre el control y gestión del gasto deportivo tras los ajustes realizados durante los primeros años de la crisis de 2007, en donde la economía y las finanzas de las regiones se vieron fuertemente afectadas.

En ese sentido, se comprueba que no solo presentan niveles óptimos de eficiencia relativa las regiones que dedican partidas mayores de GP o de esfuerzo empresarial o cuentan con un mayor número de clubes deportivos. Por tanto, una apuesta por una mayor inversión pública o privada en el deporte de las CCAA, no asegura más eficiencia y competitividad en el sector, por lo que se debe tener en cuenta también las especificaciones de cada territorio para aplicar medidas que realmente sean efectivas en esta materia (De Jorge et al., 2019). Estos resultados refuerzan la idea de que el país cuenta con una diversidad territorial importante en el ámbito deportivo y plantea la necesidad de acudir a otros sectores (político, cultural o social) para entender estos resultados a través de un diagnóstico territorial previo (Nieto et al., 2017).

5.2. Índice de Productividad de Malmquist

La medición del IM, que como ya se ha comentado permite analizar las variaciones de la producción que no surgen por cambios cuantitativos de capital y trabajo, se realiza en una comparación para los periodos 2011-2015 y 2015-2018.

Tal y como se observa en la Tabla 4, el IM aumenta tímidamente en ambas etapas a nivel global (1% en ambos casos), lo que sugiere un crecimiento en la productividad nacional.

Tabla 4. Resultados obtenidos a partir del Índice de Malmquist.

DMU	2011-2015			2015-2018		
	CE	CT	IM	CE	CT	IM
Andalucía	1,10	0,96	1,05	0,95	1,12	1,06
Aragón	0,99	1,06	1,05	0,88	1,15	1,01
Asturias	1,06	0,94	1,01	0,95	1,02	0,98
Baleares	0,99	0,96	0,95	1,03	0,97	1,00
Canarias	1,07	0,91	0,98	1,00	1,04	1,04
Cantabria	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Castilla y León	0,90	1,27	1,14	0,98	1,07	1,06
Castilla-La Mancha	0,78	1,24	0,96	0,82	1,26	1,03
Cataluña	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Valencia	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Extremadura	0,92	1,06	0,97	0,91	1,12	1,02
Galicia	1,13	0,90	1,02	1,00	0,96	0,96
Madrid	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Murcia	1,00	0,97	0,97	1,00	0,99	0,99
Navarra	1,00	1,00	1,00	0,98	1,02	1,00
País Vasco	1,00	1,02	1,02	1,00	1,00	1,00
La Rioja	0,86	1,19	1,02	1,08	0,99	1,07
Media de las CCAA	0,98	1,02	1,01	0,97	1,04	1,01

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que en los años 2011-2015 el auge en la productividad viene de la mano de un aumento de pequeñas dimensiones de la tecnología (2%), quizás motivada por un especial control del gasto tras el periodo de crisis sufrido, en 2015-2018 se produce por un auge tecnológico de mayor peso (4%), promovido por un aumento en la inversión pública y privada.

Las CCAA que en 2011-2015 experimentaron diferencias sustanciales en su productividad (más de un 5%), fueron Andalucía, Aragón, Baleares y Castilla y León. A excepción de la región insular, todas ellas aumentaron su nivel productivo. Sin embargo, esas diferencias se producen de forma desigual. Por ejemplo, en los casos de Andalucía y Asturias, el aumento en la productividad viene relacionado por un despegue de su eficiencia, a pesar de que tecnológicamente se haya producido un estancamiento provocado por una posible falta de liquidez y financiación. Lo contrario ocurre en Castilla y León y Aragón. La primera consigue el mayor impacto positivo de productividad en el país (14%), debido a aspectos tecnológicos (27%), lo que denota una apuesta en la inversión en el sector y una pérdida también en su eficiencia (-10%). Así mismo, la productividad de Baleares disminuyó, causado por una bajada tecnológica de 3 puntos, lo que denota una obsolescencia productiva en el sector.

En 2015-2018 se vuelven a producir cambios en la productividad de las CCAA. En este periodo, son tres las que experimentan esas modificaciones, todas ellas positivas: Andalucía, Castilla León y La Rioja. Salvo en el caso de esta última, cuyo aumento se debe a cuestiones de eficiencia (8%, lo que denota una gran competitividad en el sector), estos cambios surgen promovidos por aspectos de importancia exclusivamente tecnológicos (12 y 26%), lo que denota un crecimiento en la inversión en deporte, privada en este caso, y pone de manifiesto la gran diversidad territorial del país.

En el resto de CCAA, la productividad no sufre cambios sustanciales, lo que presupone una estabilidad tecnológica y de su eficiencia a lo largo del periodo de análisis; es decir se mantienen una competitividad similar en cuanto a la consecución de objetivos deportivos.

5.3. Resultado modelo Tobit

Para concluir el presente apartado, se ofrecen los resultados obtenidos tras el análisis de regresión Tobit, a partir de las nuevas variables aportadas. Tras el mismo, se comprueba la fuerte significación de todas las variables dependientes empleadas para la evaluación de la eficiencia de éxitos deportivos. Esta es especialmente destacable en los casos de *Ejercicio* (Ejercicio físico regular), *Seguridad* (Percepción de seguridad) y *Confianza* (Confianza en los demás), todas ellas bajo niveles de significación del 1%. Las variables *Vida* (Satisfacción global con la vida) y *Felicidad* (Sentimiento de felicidad) también aportan resultados robustos al 5%.

De acuerdo con la teoría, los signos de los coeficientes se asemejan a lo esperado. Las variables *Ejercicio* y *Confianza* alcanzan resultados positivos, mientras que en las otras tres (*Vida*, *Felicidad* y *Seguridad*) se forma una relación negativa que, tal y como anticipaba la literatura, puede establecerse en ciertos casos en función de factores psicológicos como el miedo al fallo o la exigencia personal excesiva (Sagar et al., 2011; Correia et al., 2018). Al ser una relación influyente pero negativa, a menor medida de estas tres variables, mayor eficiencia se alcanzará en el modelo.

Por tanto, la eficiencia en la consecución de éxitos deportivos tiene correlación positiva con la práctica regular de ejercicio físico y con la confianza en los demás. De esta manera, los resultados muestran que la eficiencia deportiva viene ligada a la realización continuada de ejercicio atlético, lo que sugiere que la práctica repetida de actividad física, lo perfecciona y fomenta, además de ser un claro indicador de buena salud (Light, 2010). Así mismo, los resultados también confirman una fuerte conexión entre el éxito deportivo y la confianza que el atleta deposita en sus familiares, amigos y conocidos (o compañeros de equipos, entrenadores y preparadores desde el punto de vista deportivo). Además, estas estrechas relaciones creadas a partir del deporte pueden ayudar a generar o potenciar redes y conexiones empresariales, económicas o sociales en los territorios, que converjan en una oportunidad futura de desarrollo (Bruening et al., 2015; Donoso et al., 2017).

En cuanto a las variables *Vida, Felicidad y Seguridad*, se da la particularidad de que el signo que acompaña a sus coeficientes no es el mayormente sugerido por la literatura (Núñez et al., 2019; Paunescu et al., 2018). Sin embargo, está comprobado que, en ciertos casos, esta relación entre la eficiencia deportiva y las variables antes señaladas puede ser negativa, motivado principalmente por unos altos niveles de autoexigencia o por un profundo miedo al fallo que puedan experimentar los deportistas (Correia et al., 2018). Por tanto, esta correlación negativa plantea la posibilidad de que los atletas lleguen a sentir infelicidad durante la práctica deportiva o en determinados momentos de una competición (Sagar et al., 2011).

En definitiva, estos signos desfavorables pueden ser indicadores de que los deportistas tengan una mala valoración del entorno seguro en el que conviven o, incluso, de su calidad de vida, todo ello motivado por posibles problemas psicológicos y/o físicos (tales como estrés, ansiedad, insomnio o malestar general) que les cause la necesidad de alcanzar sus metas u objetivos deportivos (Pineda et al., 2019). De hecho, estos índices pueden incidir también de forma negativa tanto en el número de futuras licencias federativas, como en la consecución de medallas en cualquier tipo de campeonatos (Sagar et al., 2011), dado que esos atletas pueden preferir más adelante, invertir su tiempo en otro tipo de actividades en las que sí perciban un aumento en su calidad de vida y en su entorno o que su felicidad crezca mientras las llevan a cabo (Correia et al., 2018).

Tabla 5. Resultados obtenidos a partir del análisis Tobit.

	COEFICIENTE	DES. TÍPICA	Z	VALOR P
CONSTANTE	192,252	72,8227	2,640	0,0083***
EJERCICIO	2,56790	0,889932	2,886	0,0039***
SEGURIDAD	-3,60024	1,11640	-3,225	0,0013***
VIDA	-0,874144	0,437842	-1,996	0,0459**
CONFIANZA	34,3081	11,8752	2,889	0,0039***
FELICIDAD	-14,3744	5,70707	-2,519	0,0118**
CHI-CUADRADO	21,46125	VALOR P	0,000663	
LOG-VEROSIMIL.	-35,79575	CRIT. AKAIKE	85,59151	

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

En el presente artículo, se ha llevado a cabo una revisión del binomio deporte-territorio a través de estudios que han evaluado su eficiencia y competitividad. A partir de esa literatura, se comprueba que existe cada vez una mayor preocupación por la gestión y administración eficiente de los recursos deportivos de cara a la consecución de éxitos.

Por medio de la elaboración de un análisis DEA y del IM, se ha comprobado la existencia de diferencias territoriales significativas en el empleo de recursos en el campo atlético en las regiones españolas. Estos resultados siguen la línea de otras investigaciones previas sobre desarrollo territorial, en donde se comprueba la gran diversidad regional del país en la inversión de recursos y en la posterior consecución de outputs y su productividad (Jácome & Delgado, 2017; Nieto et al., 2017).

Además, los resultados permiten concluir que emplear más GP o contar con un mayor número de empresas vinculadas o de clubes deportivos en una CCAA, no asegura una mayor eficiencia relativa en la consecución de éxitos, medidos en número de licencias federadas y medallas en campeonatos de España en edad escolar y universitarios. En este sentido, las especificidades territoriales propias de las CCAA ayudan a entender estos resultados (De Jorge, 2019; Pérez & Palma, 2015); por tanto, la eficiencia y competitividad deportiva dependen también de aspectos políticos, culturales, históricos y sociales. Tras la aplicación del análisis DEA, se ha evidenciado que las CCAA han promovido un peor empleo de sus recursos en la consecución de éxitos deportivos a medida que avanzaba el periodo de estudio. Esto sugiere un desinterés a nivel global en la distribución eficiente de recursos en el sector deportivo en los territorios autonómicos.

Con el cálculo del IM, se comprueba que prácticamente todas las CCAA han experimentado un aumento productivo en el periodo, aunque en la mayoría de los casos esos cambios no han sido sustanciales. Además, la competitividad deportiva a nivel nacional se incrementó en un 1% en ambos periodos, lo que denota el esfuerzo en construir un sector de la actividad física más competitivo. En ambos casos, este aumento viene acompañado de crecimiento tecnológico, a pesar de la citada disminución global de la eficiencia. Esto refuerza la idea, ya contrastada en otros estudios, de que España goza de una diversidad territorial de importancia también en el sector del deporte (Brosed et al., 2014; Espitia et al., 2008).

Por medio del modelo de regresión Tobit, se justifica que el deporte y su eficiencia están también ligados a sentimientos y percepciones de tipo personal, social y cultural que pueden tener repercusión posterior en el territorio. Se ha verificado que la práctica de ejercicio físico y la confianza en los demás, tienen una significación positiva en la eficiencia en la consecución de resultados deportivos, tal y como ocurre en otros trabajos previos (Bruening et al., 2015; Donoso et al., 2017). Esto sugiere que la práctica repetida de ejercicio físico, lo perfecciona, así como que existe una fuerte conexión entre un mejor rendimiento deportivo y la confianza depositada en los compañeros de equipo y en los entrenadores.

También se ha comprobado que la percepción de seguridad de los atletas en su entorno, su satisfacción global con la vida y su felicidad tienen una relación negativa con la eficiencia en el logro de éxitos en el deporte. Investigaciones previas justifican esa correlación por una excesiva autoexigencia o por un profundo miedo al fracaso entre los deportistas, que puedan causarles problemas físicos o psicológicos que les impidan rendir en las mejores condiciones (Correia et al., 2018; Sagar et al., 2011). En cualquier caso, los resultados de este análisis ponen en valor la importancia de la actividad física en otros aspectos de la vida de los deportistas, que no están relacionados directamente con el ejercicio físico.

El presente estudio tiene como principal limitación el hecho de no disponer de datos más recientes con los que poder dar una imagen más fiel y actual de la cuestión deportiva en el país. Además, las tres evaluaciones realizadas son de corte transversal por medio de modelos determinísticos, lo que provoca que puedan existir otras explicaciones que justifiquen los resultados ofrecidos y que no se hayan tenido en cuenta en el modelo presentado. En el futuro se podrían realizar unas investigaciones asociadas a un espacio de tiempo más amplio, pudiendo hacer comparaciones con el periodo analizado en este artículo. Así mismo, se podría contrastar alguna hipótesis de partida que haya surgido de esta publicación en otro periodo como, por ejemplo, el papel de la autoexigencia o miedo al fallo de los deportistas en la consecución final de resultados.

Referencias

Afonso, A., & St. Aubyn, M. (2006). Cross-country efficiency of secondary education provision: a semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. *Economic Modelling*, 23(3), 476-491.

- Avellón, B. (2019). Un modelo no paramétrico de evaluación de la eficiencia en la gestión tributaria aplicado a las delegaciones territoriales españolas. *Revista de Estudios Regionales*, 116, 117-160.
- Baciu, C., & Baciu, A. (2015). Quality of life and students' socialization through sport. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 209, 78-83.
- Benito, B., Solana, J., & Moreno, M. (2012). Assessing the efficiency of local entities in the provision of public sports facilities. *International Journal of Sport Finance*, 7(1), 46.
- Bolen, J.B., Rezek, J., & Pitts, J.D. (2017). Performance Efficiency in NCAA Basketball. *Journal of Sports Economics*, 20(2), 218-241. <https://doi.org/10.1177/1527002517731873>
- Brosed, M., Espitia, M., & García, L. (2014). Productivity in professional Spanish basketball. *Sport, Business and Management*, 4(3), 196-211. <https://doi.org/10.1108/SBM-07-2013-0024>
- Bruening, J., Clark, B., & Mudrick, M. (2015). Sport-based youth development in practice: The long-term impacts of an urban after-school program for girls. *Journal of Park and Recreation Administration*, 33(2), 87.
- Correia, M.C., Rosado, A.F., & Serpa, S. (2018). Fear of failure and perfectionism in sport. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 18(1), 161-172.
- De Jorge, J., González, A., Martínez, A. et al. (2019). Assessing efficiency in the Spanish public universities through comparative non-radial and radial data envelopment analysis. *Tertiary Education and Management*, 25, 195-210.
- Donoso, D., Bloom, G. A., & Caron, J. G. (2017). Creating and sustaining a culture of excellence: Insights from accomplished university team-sport coaches. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 88(4), 503-512. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1370531>
- Espitia, M., & García, L.I. (2008). Measuring the productivity of Spanish first division soccer teams. *European Sport Management Quarterly*, 8(3), 229-246. <https://doi.org/10.1080/16184740802224142>
- Fernández, V. & Rodríguez, A. (2018). Medición de la eficiencia de asignación en Economía Cultural: el caso de la FPA. *Journal of Cultural Economics*, 42, 91-110.
- Flegl, M. & Andrade, L. A. (2018). Measuring countries' performance at the Summer Olympic Games in Rio 2016. *Opsearch*, 55(3-4), 823-846.
- Durán, J., Velasco, J., Iza, B. D., & Laguía, B. (2017). Sport and Happiness. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 130, 18-28. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2017/4\).130.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2017/4).130.02)
- Guzmán, I. (2006). Measuring efficiency and sustainable growth in Spanish football teams. *European Sport Management Quarterly*, 6(3), 267-287. <https://doi.org/10.1080/16184740601095040>
- Hernández, O., Gras, M.E. & Font, S. (2018). Consumo de drogas y participación deportiva en estudiantes universitarios de ciencias de la salud y el deporte. *Health & Addictions*, 18 (1), 61-70.
- Herrera, P., & Francke-Ballve, P. (2009). Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes. *Economía*, 32(63), 113-178.
- Hoff, A. (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.05.019>
- Hoffmann, J.P. (2006). Extracurricular activities, athletic participation, and adolescent alcohol use: Gender-differentiated and school-contextual effects. *Journal of Health and Social Behavior*, 47(3), 275-290.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2020). *Metodología de Indicadores de Calidad de Vida 2020*. Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es

- Jácome, X.O., & Delgado, J.L. (2017). Medición de la eficiencia en las organizaciones de deporte formativo mediante un modelo DEA. *Revista Espacios*, 38(29), 10-26.
- Keegan, R., Spray, C., Harwood, C., & Lavallee, D. (2010). The motivational atmosphere in youth sport: Coach, parent, and peer influences on motivation in specializing sport participants. *Journal of Applied Sport Psychology*, 22(1), 87-105. <https://doi.org/10.1080/10413200903421267>
- Kern, A., Schwarzmann, M., & Wiedenegger, A. (2012). Measuring the efficiency of English premier league football. *Sport, Business and Management*, 2(3), 177-195. <https://doi.org/10.1108/20426781211261502>
- Light, R. L. (2010). Children's social and personal development through sport: A case study of an Australian swimming club. *Journal of Sport and Social Issues*, 34(4), 379-395. <https://doi.org/10.1177/0193723510383848>
- Longvah, T., & Prasad, V. (2020). Nutritional variability and milling losses of rice landraces from Arunachala Pradesh, northeast India. *Food Chemistry*, 318, 126385.
- Marvul, J.N. (2012). If you build it, they will come: A successful truancy intervention program in a small high school. *Urban Education* (Beverly Hills, Calif.), 47(1), 144-169. <https://doi.org/10.1177/0042085911427738>
- Maza, F.J., Vergara, J.C., & Román, R. (2017). Eficiencia y productividad en la cobertura de las universidades públicas colombianas. *Investigación y Desarrollo*, 25(2), 6-33.
- Maza, F.J., Vergara, J.C., & Navarro, J. L. (2012). Eficiencia de la inversión en el régimen subsidiado en salud en Bolívar - Colombia. *Investigaciones Andina*, 14(24), 386-400.
- McDonald, J. (2009). Using least squares and Tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 792-798. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.07.039>
- Méndez, A., Cecchini, J.A., & Fernández, J. (2016). Passion for sport, vigorous physical activity and satisfaction with life. *Revista de Psicología del Deporte*, 25(1), 73.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España (2015, 2017 y 2020). *Anuario de estadística deportivas 2020*. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Moreno, P., & Lozano, S. (2015). Estimation of productivity change of NBA teams from 2006-07 to 2012-13 seasons. *International Journal of Sport Finance*, 10(3), 217-241.
- Moreno, P., & Lozano, S. (2018). Super SBI dynamic network DEA approach to measuring efficiency in the provision of public services. *International Transactions in Operational Research*, 25(2), 715-735.
- Narbón, I., & De Witte, K. (2018). Local governments' efficiency: A systematic literature review-part I. *International Transactions in Operational Research*, 25(2), 431-468.
- Nemcek, D. (2016). Quality of Life of People with Disabilities from Sport Participation Point of View. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 56(2), 77-92.
- Nieto, A., Engelmo, Á., & Cárdenas, G. (2017). Análisis espacial de la división comarcal en áreas rurales de baja densidad demográfica: el caso de Extremadura. *Papeles de Geografía*, 63, 113-132. <http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2017/284161>
- Núñez, E., Cuesta, P., & Loranca, M. C. (2019). Gestión de calidad como estrategia clave de la felicidad en el deporte federado. *Retos*, 18, 203-218.
- Núñez, E., Cuesta, P., & Loranca, M. C. (2020). La promoción del deporte a través de la felicidad del deportista federado en kárate. *ADResearch: Revista Internacional de Investigación en Comunicación*, 21, 48-69.
- Paunescu, M., Grigore, V., Mitrache, G., Predoiu, A., & Predoiu, R. (2018). Quantitative and qualitative in measuring quality of life in sports. *Revista Românească Pentru Educație Multidimensională*, 1, 95-108.

- Peachey, J.W., Lyras, A., Borland, J., & Cohen, A. (2013). Street soccer USA cup: Preliminary findings of a sport-for-homeless intervention. *The ICHPER-SD Journal of Research in Health, Physical Education, Recreation, Sport & Dance*, 8(1), 3-11.
- Pérez, M.C., Maza, F.J., Jiménez, M., & Blanco, M. (2016). Eficiencia y productividad de las políticas de empleo en la eurozona. *Revista de Ciencias Sociales*, 22(1), 11-25.
- Pérez, M. & Palma, L. (2015). Impacto territorial del autoempleo en la economía social en España. *CIRIEC - España*, 83, 83-114.
- Pineda, H., Morquecho, R., Fernández, R., & González, J. (2019). Perfeccionismo interpersonal, miedo a fallar, y afectos en deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 19(2), 113-123.
- Rodríguez, V., Rojo Perez, F., Fernandez, G. et al. (2017). Active Ageing Index: Application to Spanish Regions. *Population Ageing* 10, 25-40. <https://doi.org/10.1007/s12062-016-9171-1>
- Ruiz, C.A. (2015). Metropolización y gobernanza económica: bases para una propuesta de análisis económico. *Suma de Negocios*, 6(13), 52-65.
- Sagar, S.S., Boardley, I.D., & Kavussanu, M. (2011). Fear of failure and student athletes' interpersonal antisocial behaviour in education and sport. *British Journal of Educational Psychology*, 81(3), 391-408.
- Sanmartín, M.G., Deval, V.C., Guzmán, J.F. & Abella, C.P. (2010). Objectives and manifestations of social and personal values in youth sport according to athletes, parents, coaches and managers. *Apunts Educació Física i Esports*, 101, 57-65.
- Simar, L. & Wilson, P.W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136, 31-64.
- Stodolska, M., Sharaievska, I., Tainsky, S., & Ryan, A. (2014). Minority youth participation in an organized sport program: Needs, motivations, and facilitators. *Journal of Leisure Research*, 46(5), 612-634.
- Suárez, C.B., & Osuna. J.L. (2012). Evaluation of public policies in social sciences: Between to be and the should be. *Prisma Social*, 9, 176-208.
- Theodorakis, N.D., Kaplanidou, K. & Karabaxoglou, I. (2015). Effect of Event Service Quality and Satisfaction on Happiness among Runners of a Recurring Sport Event. *Leisure Sciences*, 3(1), 87-107.
- Turosz, M., & Olech, A. (2011). The quality of life and contentment with the realisation of partial satisfactions of students from the faculty of physical education and sport in Biała Podlaska. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 18(3), 234-238. <http://dx.doi.org/10.2478/v10197-011-0019-1>
- Welty, J., Burton, L., Wells, J., & Chung, M. R. (2018). Exploring servant leadership and needs satisfaction in the sport for development and peace context. *Journal of Sport Management*, 32(2), 96-108. <http://dx.doi.org/10.1123/jsm.2017-0153>
- Wilhite, B., Martin, D., & Shank, J. (2016). Facilitating physical activity among adults with disabilities. *Therapeutic Recreation Journal*, 50(1), 33. <http://dx.doi.org/10.18666/TRJ-2016-V50-I1-6790>

Anexo

Tabla 6. Datos de las variables GP, Empresas, Clubs y Licencias (2011, 2015 y 2018).

CCAA	GP			Empresas			Clubs		
	2011	2015	2018	2011	2015	2018	2011	2015	2018
Andalucía	49,83	36,51	40,89	44,87	56,27	60,55	127,1	135,5	140,86
Aragón	58,69	55,64	68,32	42,56	61,01	71,52	365,08	414,84	426,22
Asturias	54,19	47,09	45,32	53,26	64,31	73,52	140,18	168,56	186,43
Baleares	66,08	55,7	64,73	90,92	109,46	117,28	125,41	133,64	142,79
Canarias	57,4	59	59,82	62,49	84,99	94,23	106,55	131,98	118,63
Cantabria	59,41	49,03	56,01	49,57	68,18	78,59	157,81	204,72	216,64
Castilla y León	53,46	52,36	52,74	51,05	71,03	82,44	185,5	168,12	169,48
Castilla-La Mancha	62,39	46,22	53,94	37,77	55,85	63,01	199,54	213,58	178,70
Cataluña	46,17	41,94	51,46	58,07	71,36	78,46	108,23	107,23	102,47
Valencia	48,83	37,64	40,19	47,6	63,24	72,37	104,39	121,55	129,72
Extremadura	31,86	35,5	47,62	42,55	53,61	61,89	140,17	222,96	254,46
Galicia	48,42	41,2	45,11	55,23	71,4	80,17	151,53	169,2	196,28
Madrid	53,02	46,44	50,36	57,94	74,4	78,55	58,25	62,13	69,28
Murcia	48,22	34,94	36,02	45,71	59,09	67,30	107,34	168,54	185,25
Navarra	80,06	53,51	68,51	47,35	61,2	73,51	170,39	187,2	204,15
País Vasco	85,48	87,23	82,35	53,88	56	60,80	124,37	139,04	145,83
La Rioja	70,21	56,34	58,18	51,09	66,55	75,08	213,03	241,92	234,10
MEDIA	57,28	49,19	54,21	52,47	67,53	75,84	152,05	175,92	182,43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Datos de las variables Licencias, MCE y MCU (2011, 2015 y 2018).

CCAA	Licencias			MCE			MCU		
	2011	2015	2018	2011	2015	2018	2011	2015	2018
Andalucía	6.773,09	6.146,63	6.183,42	17,39	18,11	15,28	10,23	16,8	14,06
Aragón	10.710,70	10.742,07	10.752,96	4,4	2,77	4,13	20,51	12,24	14,93
Asturias	8.090,34	8.904,91	9.824,91	7,9	5,4	6,36	14,81	50	22,41
Baleares	8.102,58	7.994,27	8.937,40	4,65	5	5,26	5,56	12,5	26,67
Canarias	6.898,92	7.251,04	7.810,70	6,44	4,91	6,07	22,35	57,89	41,18
Cantabria	10.366,40	11.609,44	12.838,03	2,04	3,83	4,87	3,38	5,56	11,76
Castilla y León	7.086,40	7.100,54	7.633,98	15,94	12,63	9,65	5,39	9,68	12,54
Castilla-La Mancha	6.790,23	6.258,96	6.514,34	13,17	7,02	3,32	6,25	15,38	9,59
Cataluña	8.041,52	7.964,37	8.466,51	30,23	19,9	20,94	11,42	15,17	20,36
Valencia	6.895,15	7.291,24	8.082,86	24,33	20,21	14,45	12,9	16,34	17,85
Extremadura	7.441,72	7.427,93	8.680,42	6,3	2,02	2,25	8,18	10,23	2,04
Galicia	7.804,01	7.877,33	10.597,01	9,09	7,85	10,67	13,11	38,64	23,20
Madrid	6.629,39	6.927,63	7.737,41	19,21	18,91	19,97	16,81	20,17	19,18
Murcia	6.209,78	6.391,93	8.273,33	5,57	3,42	3,90	22,82	42,2	49,54
Navarra	11.340,50	11.763,59	12.203,77	5,65	4,14	4,38	3,64	0	21,74
País Vasco	9.790,00	9.775,55	11.998,06	10,85	10,53	9,67	7,01	10,28	15,60
La Rioja	10.826,30	10.123,23	10.745,86	1,91	3,16	1,20	5,56	0	13,64
MEDIA	8.223,35	8.326,51	9.251,82	10,89	8,81	8,37	11,17	19,59	19,78

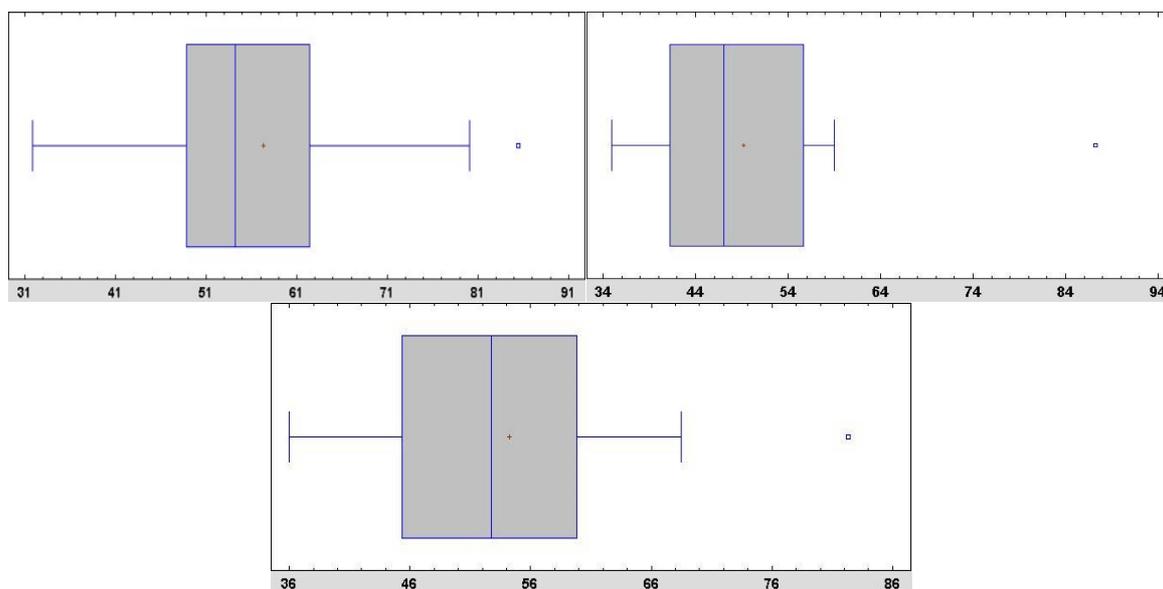
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Datos de las variables utilizadas en el análisis Tobit (2018).

CCAA	Eficiencia	Seguridad	Confianza	Satisfacción	Ejercicio	Felicidad
Andalucía	100,00	78,7	6,3	62,9	45,2	2,4
Aragón	93,65	84,1	6,6	86,1	45,7	0,4
Asturias	99,70	87,6	6,7	72,6	42,2	2,4
Baleares	92,80	80,7	7,3	89,7	40,1	0,9
Canarias	100,00	80,0	6,4	78,9	54,2	1,9
Cantabria	100,00	88,1	7,1	77,2	46,8	1,2
Castilla y León	73,80	84,2	6,9	75,5	44,2	2,3
Castilla-La Mancha	93,10	84,2	6,6	75,5	40,9	2,3
Cataluña	100,00	75,0	6,7	80,3	38,6	1,6
Valencia	100,00	78,2	6,8	77,9	50,6	1,4
Extremadura	100,00	80,8	5,8	83,8	47,0	0,5
Galicia	100,00	83,8	7,3	64,4	41,1	1,8
Madrid	100,00	70,6	6,7	77,1	37,4	1,6
Murcia	100,00	76,2	6,3	66,9	50,5	1,6
Navarra	100,00	83,6	6,9	82,0	43,2	1,5
País Vasco	100,00	74,2	6,6	77,0	53,3	3,7
La Rioja	87,20	85,8	6,9	78,5	46,9	2,1

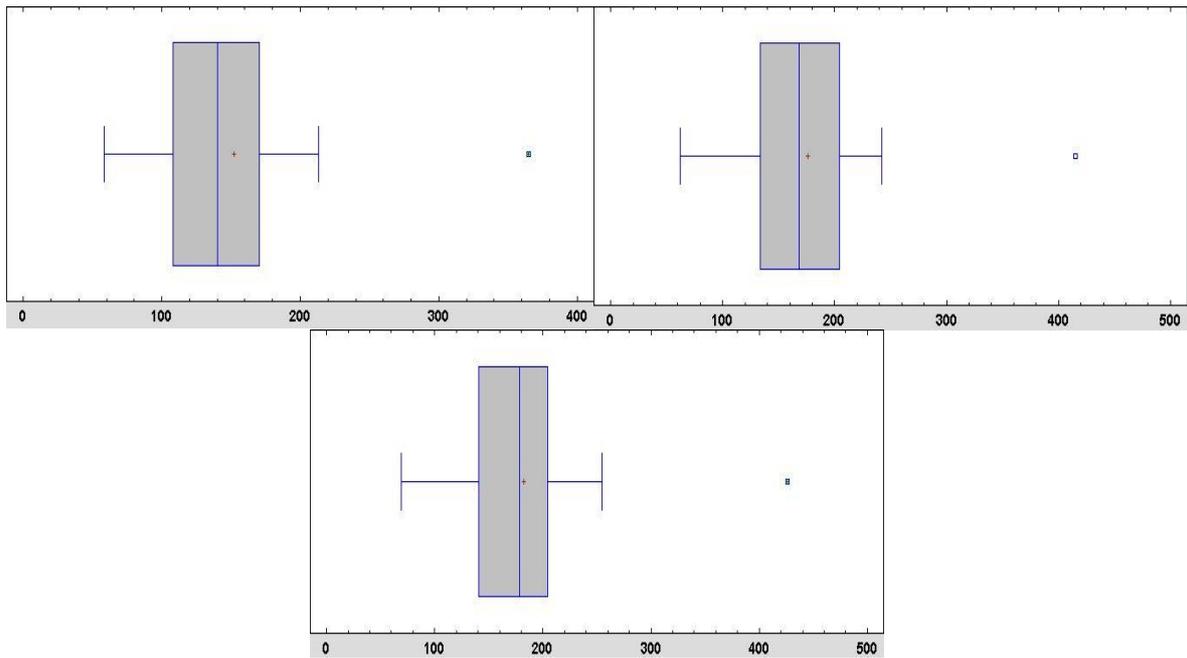
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Diagrama de caja y bigotes para la variable GP (2011, 2015 y 2018).



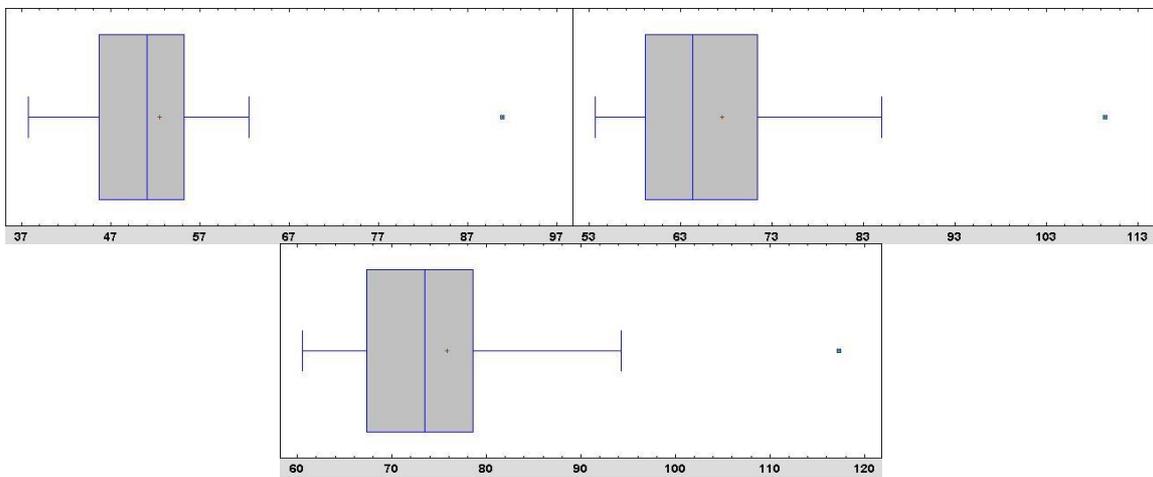
Fuente: Elaboración propia a partir del uso del software Statgraphics 18.

Tabla 10. Diagrama de caja y bigotes para la variable Clubs (2011, 2015 y 2018).



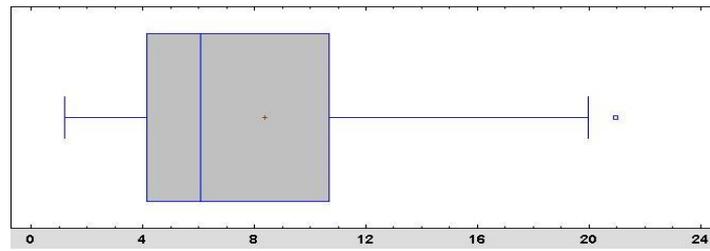
Fuente: Elaboración propia a partir del uso del software Statgraphics 18.

Tabla 11. Diagrama de caja y bigotes para la variable Empresas (2011, 2015 y 2018).



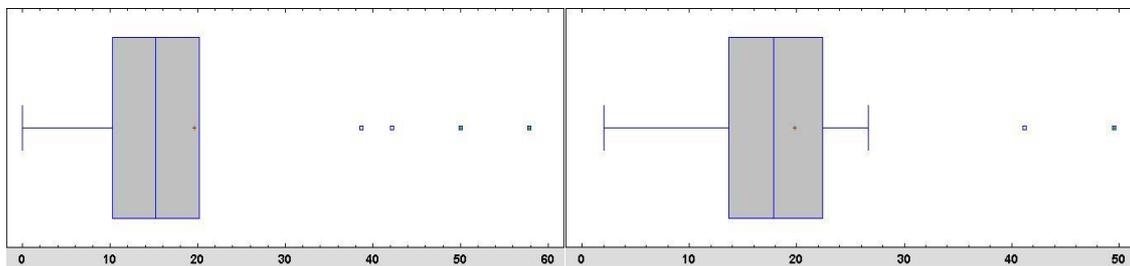
Fuente: Elaboración propia a partir del uso del software Statgraphics 18.

Tabla 12. Diagrama de caja y bigotes para la variable MCE (2018). Valor atípico: Cataluña.



Fuente: Elaboración propia a partir del uso del software Statgraphics 18.

Tabla 13. Diagrama de caja y bigotes para la variable MCU (2015 y 2018). Valores atípicos: Asturias, Canarias, Galicia y Murcia (2015) y Canarias y Murcia (2018).



Fuente: Elaboración propia a partir del uso del software Statgraphics 18.



Determinantes de la aspiración al crecimiento del negocio de los emprendedores colombianos: el rol de algunas generaciones, Baby Boomers, Generación X y Millenials

GONZÁLEZ ESPITIA, CARLOS GIOVANNI

Universidad Icesi (Colombia)

Correo electrónico: cggonzalez@icesi.edu.co

SARMIENTO GARCIA, VICTOR MANUEL

Universidad ICESI (Colombia)

Correo electrónico: victor.sarmiento1@u.icesi.edu.co

ARBOLEDA CUESTA, JHONNIER MARCELO

Universidad ICESI (Colombia)

Correo electrónico: jhonnier.arboleda@u.icesi.edu.co

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo estimar la probabilidad de las aspiraciones al crecimiento de los negocios de los emprendedores colombianos de acuerdo a la generación en la que nacieron. Existe una amplia literatura sobre los determinantes de la aspiración al crecimiento de los negocios, pero no existe mucha evidencia empírica de los posibles efectos derivados de pertenecer a una generación en específico. Se utilizó información proveniente del Global Entrepreneurship Monitor para el periodo entre 2006 y 2017. En particular, los datos fueron tomados de la Adult Population Survey, que mide ciertas características relevantes sobre emprendedores alrededor del mundo. De acuerdo con una muestra de 6.670 individuos se estimaron tres modelos de regresión logística ordinal, uno para cada generación: los Baby Boomers, la Generación X y la Generación Y-Millenials. Los resultados muestran que los emprendedores más jóvenes, los Millenials, tienen una concepción de la vida muy diferente a sus antecesores en relación a la visión sobre la actividad emprendedora como una opción de vida. De hecho, factores estructurales como el género, la educación y el motivo para emprender, resultan significativos para todas las generaciones. Sin embargo, factores relacionados con el contexto como sus habilidades, el temor al fracaso, el reconocimiento y su visión del emprendimiento como una carrera deseable, tienen efectos diferentes en cada generación. Estos resultados son relevantes para el desarrollo de políticas públicas y estrategias empresariales asociadas al emprendimiento en regiones en desarrollo.

Palabras clave: actividad empresarial; emprendimiento; aspiraciones al crecimiento; generaciones; Colombia.

Clasificación JEL: L26, L21, M13, C35.

MSC2010: 62P20.

Artículo recibido el 11 de mayo de 2022 y aceptado el 7 de septiembre de 2022.

Determinants of the growth aspiration of Colombian entrepreneurs: the Role of Some Generations, Baby Boomers, Generation X and Millennials

ABSTRACT

This paper aims to estimate the probability of growth aspirations of Colombian entrepreneurs according to the generation in which they were born. There is a large literature on the determinants of the growth aspiration, but there is not much empirical evidence on the possible effects of belonging to a specific generation. We used data from the Global Entrepreneurship Monitor for the period between 2006 and 2017. Specifically, the data were taken from the Adult Population Survey, which measures certain relevant characteristics of entrepreneurs around the world. Based on a sample of 6,670 individuals, three ordinal logistic regression models were estimated, one for each generation: Baby Boomers, Generation X and Generation Y-Millennials. The results show that the youngest entrepreneurs, the Millennials, have a very different conception of life than their predecessors in relation to their view of entrepreneurship as a life choice. In fact, structural factors such as gender, education and motive for entrepreneurship are significant for all generations. However, context-related factors such as their skills, fear of failure, recognition, and their view of entrepreneurship as a desirable career have different effects on each generation. These results are relevant for the development of public policies and business strategies associated with entrepreneurship in developing regions.

Keywords: entrepreneurial activity; entrepreneurship; growth aspirations; generations; Colombia.

JEL classification: L26, L21, M13, C35.

MSC2010: 62P20.



1. Introducción

La literatura internacional sobre la actividad empresarial muestra que las decisiones del emprendedor, entre ellas, la aspiración al crecimiento de su negocio, son sumamente importantes para comprender la prosperidad y la calidad de vida de los habitantes en cada país (Buitrago, 2014). Esto es así no solo porque los emprendedores generan su riqueza producto del riesgo que asumen invirtiendo su capital o incluso apalancándose; sino que el empleo que generan y el flujo de estos recursos, son capaces de dinamizar y servir de motor para mejorar la productividad, la competitividad, el crecimiento, el desarrollo y el bienestar económico de las regiones (Pozos et al., 2016). Schumpeter (1961) fue uno de los primeros economistas en definir lo que es un emprendedor y en reconocer el importante papel que cumple en el sistema económico capitalista. Su aporte se basa en valorar la capacidad que tienen estos individuos para dinamizar la economía de un país, debido a que constantemente desafían el statu quo y acaban por estructurar nuevas formas para los procesos productivos que llevan a cabo. Son conocidos por su aversión al riesgo ya que al convertirse en emprendedores asumen los riesgos de adquirir medios de producción (Knight, 1942).

El marco conceptual del Global Entrepreneurship Monitor (GEM) es una versión desde la economía sobre cuáles son las actitudes que convierten a un individuo en un emprendedor. Puntualmente, el GEM entiende como emprendimiento a aquellas iniciativas que buscan crear nuevos negocios o empresas, esto incluye a las personas que trabajan por cuenta propia, tienen una organización comercial o incluso a aquellos que están intentando que su negocio crezca. Así, los emprendedores son clasificados en: propietarios o administradores de una empresa establecida, propietarios o administradores de una nueva empresa, o en aquellos que están a punto de iniciar una nueva empresa, que son emprendedores nacientes. Estos últimos son relevantes al evaluar la Tasa de Actividad Emprendedora en cada país (TEA, por sus siglas en inglés). Dicha medida corresponde al porcentaje de personas con edades entre 18 y 64 años, que se reconocen como emprendedores nacientes o nuevos, esto es, emprendedores que, con menos de 42 meses de operación, han pagado salarios o cualquier otro tipo de remuneración a empleados o propietarios. De esta manera, según el GEM, los individuos pueden elegir de manera temprana ser emprendedores y posteriormente, cuando deciden serlo, tomar una de sus decisiones más importantes: la aspiración al crecimiento de su negocio en términos del número de empleados.

Para medir esta importante decisión que toman los emprendedores nacientes, se han utilizado distintas metodologías. Una de ellas se basa en la diferencia entre el número de trabajadores que se espera tener en un futuro y los trabajadores actuales (Delmar & Wiklund, 2008). Otros directamente usan el número de empleados que aspira a tener la empresa en cinco años (Puente et al., 2019). En este sentido, no es lo mismo que un emprendedor naciente espere tener muchos trabajadores a tener pocos, dado que esta decisión afecta no solo a la empresa per se, sino a la sociedad por los potenciales nuevos puestos de trabajo o vacantes que genera cada emprendedor. Esta medida ha permitido entonces conocer más de cerca la conducta empresarial, en especial, la percepción de los emprendedores respecto al futuro de su negocio. Por ello, si bien es importante estudiar el emprendimiento como una elección de vida, también lo es examinar si los emprendedores aspiran a que su negocio crezca y qué factores determinan estas aspiraciones.

Sin embargo, factores como el género, la motivación, su nivel de educación, si considera que el miedo a fallar puede detener la actividad que realiza, la innovación, considerar el emprender una carrera deseable y el reconocimiento; parecen tener diferentes efectos sobre la aspiración al crecimiento del negocio por parte del emprendedor (Puente et al., 2017). De hecho, una de las cualidades más interesantes es la edad (Zhang & Acs, 2018), concretamente la generación a la que pertenece el emprendedor (Zhang & Acs, 2019), debido a que cada una de estas generaciones atravesó por circunstancias distintas y está enmarcada en contextos específicos, lo que puede configurar, de manera significativa, no solo distintos perfiles de emprendedores, sino la aspiración al crecimiento del negocio.

Ahora bien, el caso colombiano resulta interesante debido a que el país, entre el 2016 y 2020, ha avanzado en materia de emprendimiento debido a los aumentos significativos en la TEA en este periodo

(GEM, 2021). En concreto, Colombia se encontró en la cuarta posición en comparación con otras economías respecto a este indicador. Según el reporte del GEM Colombia (2021), esto no solo deja entrever un mayor acompañamiento a los emprendedores nacientes y los efectos de las políticas nacionales que han fomentado emprendimientos en torno a la cultura y la recreación, sino un aumento en las iniciativas empresariales de subsistencia.

El panorama de la actividad empresarial en Colombia junto con un análisis generacional de la aspiración al crecimiento de los negocios ayudará a los tomadores de decisiones a la hora de diseñar e implementar políticas más focalizadas según la generación de emprendedores. Las generaciones a caracterizar serán los Baby Boomers, la Generación X y la Generación Y - los Millenials. Es así como este trabajo de investigación busca estimar la probabilidad de las aspiraciones al crecimiento del negocio de los emprendedores colombianos, teniendo en cuenta la generación en la que nacieron, y ciertas características que se cree son capaces de explicar el comportamiento de dichas aspiraciones. De hecho, la literatura sobre el tema en regiones en desarrollo es escasa. Así, la contribución de este artículo se basa en mostrar nueva evidencia sobre un fenómeno poco estudiado en la literatura sobre emprendimiento, específicamente sobre las aspiraciones al crecimiento del negocio.

El artículo se organiza de la siguiente manera, empezando con esta introducción. En la Sección 2 se presenta una revisión de la literatura nacional e internacional. La Sección 3 presenta la metodología en donde se explican los datos, las variables y la estrategia empírica utilizada en esta investigación. La Sección 4 muestra los resultados obtenidos de los diferentes análisis realizados, principalmente los resultados del modelo logit ordenado, los efectos marginales en la media y algunos análisis gráficos a partir de la regresión. Por su parte, la Sección 5 presenta las conclusiones. Finalmente, se presenta la sección de referencias.

2. Revisión de la literatura nacional e internacional

La literatura sobre la aspiración al crecimiento del negocio por parte de los emprendedores nacientes se presenta en cuatro dimensiones: se inicia con las características asociadas a cada generación de emprendedores, luego se hace hincapié en la importancia de la edad y las generaciones en el emprendimiento. Posteriormente se presentan los determinantes de la aspiración al crecimiento de los negocios a nivel global y, finalmente, se exponen los determinantes de la aspiración al crecimiento de los negocios en el contexto colombiano. A continuación, se presenta cada una de ellas.

2.1. Las generaciones

Para entender por qué la generación a la que pertenece un emprendedor es importante a la hora de medir la aspiración al crecimiento empresarial, primero es necesario reconocer que una persona además de ser un individuo también es un ser colectivo, debido a que los demás tienen influencia en su devenir y desarrollo ontológico (Heidegger, 1993). Asimismo, si el yo es proyectado en otros individuos entonces los procesos de construcción de identidad parten de la sociedad en la que se está sumergido (Foucault, 1990). De esta manera, es prudente conservar la interpretación que hacen Johnson & Johnson (2010) pues invitan a entender las generaciones a partir de las experiencias personales y colectivas que han vivido los individuos que nacen en un periodo de tiempo determinado.

Así, una generación está compuesta por múltiples individuos, que construyen su identidad a partir de experiencias personales, a través de las experiencias en grupos con quienes tienen cosas en común, gracias a que vivieron los mismos acontecimientos históricos, porque nacieron en un periodo de tiempo similar o simplemente debido a que están permeados por la sociedad a la que pertenecen (Zemke et al., 2013; Johnson & Johnson, 2010), y, en efecto, son justo estas señales que configuran los comportamientos, ideas y futuras decisiones, dado que no sólo son entes individuales sino que depende de su generación (Heidegger, 1993).

Las generaciones que hoy en día sobreviven son seis: las personas que nacieron antes de 1945 son considerados como Tradicionalistas; entre 1946 y 1965 son considerados Baby Boomers; entre 1966 y 1980 pertenecen a la Generación X; entre 1981 y 1995 son aquellos que hacen parte de la Generación Y, mejor conocidos como Millenials; entre 1996 y 2012 pertenecen a la Generación Z; y, finalmente, entre 2012 y aproximadamente el 2025 aquellos que harían parte de la Generación Alpha. Sin embargo, no todas las generaciones hacen parte de la actividad emprendedora: los Tradicionalistas tienen aproximadamente 80 años en la actualidad y poco a poco se están retirando; las personas de la generación Alpha aún no son mayores de edad; y aquellos que pertenecen a la generación Z apenas pueden estar dando sus primeros pasos como emprendedores. Por esta razón, es razonable analizar a los Baby Boomers, a la Generación X y a los Millenials, pues son aquellos que conforman principalmente la población de emprendedores activos. A continuación, se describen las principales características de cada generación:

Los Baby Boomers son personas con edades entre 57 y 77 años de edad. Estos, dada su longevidad, son personas que actualmente tienen altos cargos en las organizaciones a las que pertenecen, son flexibles al adaptarse a las nuevas tecnologías (a pesar de haber crecido sin internet), manejan una alta dedicación en su trabajo y constantemente buscan status, lealtad y calidad de vida. Fueron enseñados a ser independientes por lo que tienen la capacidad de guiar, acompañar y adaptarse en la oficina a nuevos entornos. Son ejemplo de responsabilidad y confiabilidad sobre sus subordinados que usualmente son miembros de la Generación X y Millenials. Los Baby Boomers usualmente son caracterizados como aquellos que no tienen miedo de correr riesgos y probar nuevas direcciones. De hecho, esta generación ha tomado posiciones sobre los temas clave del siglo XX. No obstante, actualmente está terminando su ciclo laboral, financiando la educación de sus hijos (quienes pertenecen a la Generación Y) y preparándose para la jubilación.

Aquellos miembros de la Generación X son individuos que actualmente están en un rango de edad entre los 42 y 56 años. Son personas que crecieron en un ambiente familiar dividido dado que no siempre estaban sus padres. Esto ha hecho que se tornen como sujetos independientes, que valoran más el tiempo fuera del trabajo y que tienen una visión de vida que defiende la educación como un pilar fundamental a la hora de conseguir un buen trabajo. Además, se caracterizan por buscar ideas nuevas que se diferencien de las de sus antecesores, incorporan y se adaptan fácilmente a las nuevas tecnologías, gradualmente han ingresado a la dinámica de la globalización dado el auge de las herramientas digitales y de comunicación (Chávez & Barrera, 2017); y tienen una orientación al mejoramiento de su calidad de vida más que a la estabilidad en su trabajo.

Finalmente, sobre los Millenials es preciso decir que tienen edades entre 27 y 41 años. Directamente son parte de una generación que nació en momentos de fuertes cambios tecnológicos, de ahí que la tecnología sea algo que sea parte fundamental de su día a día y no demuestre un gran reto. Además, cuentan con más facilidades pues pueden acceder a fuentes de información rápidamente gracias a que han estado expuestos a internet, las redes sociales, los teléfonos inteligentes, entre otras tecnologías. Es justo ésta una de las razones por las que cuestionan las formas de enseñanza tradicional y creen que la educación que reciben es fundamental para el desarrollo de sí mismos. Esto deja ver lo importante que es para ellos mantener un balance entre las oportunidades de aprendizaje que su trabajo les provee y la flexibilidad que éste les otorga para disfrutar su vida mientras se acotan a máximas como la ética, la responsabilidad ecológica o simplemente ser mejor que sus progenitores. Los emprendedores Millenials parecen traer un nuevo aire a la escena, un poco menos conservador y más arriesgado a la hora de emprender respecto a sus antecesores.

Es por esto que el contexto de una generación marca la comprensión del mundo, estilos de vida, percepciones y motivaciones con las que cuenta el emprendedor, pues al analizar la actividad empresarial por grupos generacionales, es posible definir el perfil de cada emprendedor según la generación a la que pertenece (Zemke et al., 2013). De hecho, las generaciones tienen un papel protagónico en un momento de sus vidas. Esto se ve principalmente una vez alcanzan una posición estratégica en el mercado laboral y luego su época dorada decrece a medida que envejecen, lo que da paso a las generaciones futuras (Chavez & Barrera, 2017). Esto no es más que el relevo generacional

que sufre cada grupo de individuos y que al final será inevitable, pues parte de lo que define a las empresas es que pueden sobrevivir en el tiempo y no desaparecer con la primera generación de fundadores (Rosa & Tejeda, 2016).

2.2. Edad y generaciones en el emprendimiento

El análisis del efecto sobre la actividad emprendedora de las diferencias en la edad y las características de cada generación es un tema que actualmente es relevante en la literatura. Una de las vertientes se ha forjado en torno a los empleados y la importancia de tener en cuenta su conducta, al medir el crecimiento del negocio. Se ha encontrado que las diferencias en las características de los empleados son importantes, porque no solo es una cuestión de cómo lograr un mejor equipo de trabajo, sino que las diferencias de los trabajadores inducen a que existan brotes de innovación dentro de la empresa y esto es justo lo que permite medir su impacto al crear nuevos emprendimientos fuera de la unidad de negocio principal, es decir, su efecto sobre el emprendimiento corporativo (Guerrero et al., 2021).

Específicamente, el compromiso de los trabajadores con el emprendimiento corporativo es decreciente respecto a la edad, y, mientras se den las condiciones en las firmas, el capital humano sea diversificado y existan actitudes emprendedoras favorables, el emprendimiento corporativo ha de aumentar (Guerrero et al., 2021). Son más propensos a participar en iniciativas de riesgo corporativo los empleados que hacen parte de la Generación X y Y, que tienen una disposición favorable hacia el espíritu empresarial. También, lo son aquellos Millenials con un capital humano más diversificado. Sin embargo, los Baby Boomers son menos propensos a participar.

En la misma vía, es posible considerar las diferencias entre los emprendedores. Yang, et al. (2022) sugieren que éstas motivan la generación de nuevas ideas en su equipo de trabajo y llevan a que dicha heterogeneidad tenga un impacto en el conocimiento, la innovación y el reconocimiento de oportunidades de cada emprendedor. Estos muestran cómo los emprendedores nacidos después de 1980 son personas con características orientadas a las tareas que deben realizar, mientras que aquellos nacidos después de 1990 son personas orientadas a las relaciones. Así, el hecho de que cada tipo de emprendedor se relacione con otros le permite no sólo ampliar su visión de cómo hacer las cosas, sino que ahora puede buscar nuevas oportunidades de negocio, mejorarse a sí mismo y, por tanto, encontrar un equipo con quien también potenciar sus habilidades.

Ahora bien, los emprendedores también deciden cuánto aspiran a que su negocio crezca. Así, la literatura muestra que las personas más jóvenes suelen aspirar a niveles mayores de crecimiento en sus negocios, comparados con personas más longevas (Autio & Acs, 2009). El efecto es tan marcado que incluso la probabilidad de emprender se reduce paulatinamente con el tiempo (Zhang & Acs, 2018). De hecho, el comportamiento de la edad es posible diferenciarlo por cada tipo de emprendedor. En consecuencia, la probabilidad de ser un emprendedor novato decrece inicialmente, pero luego aumenta conforme el individuo es más longevo (Zhang & Acs, 2019). La propensión a ser un emprendedor que se ve motivado por la oportunidad de crecimiento, autorrealización o éxito financiero y que no trabaja tiempo completo, aumenta conforme lo hace la edad. Incluso los emprendedores capaces de estructurar su negocio ordenadamente se encuentran en edades tempranas y la probabilidad cae para quienes pertenecen a la Generación X en comparación a los Baby Boomers; de hecho, estos últimos en comparación con los Tradicionalistas tienen una propensión menor.

2.3. Aspiración al crecimiento del negocio a nivel global

A lo largo de las últimas décadas, los investigadores han puesto sus ojos en los emprendedores nacientes. En especial, ha habido una alta concentración en el análisis sobre los determinantes de la aspiración al crecimiento de los negocios, pues ésta se ha convertido en un objeto de estudio muy importante no solo para medir la actividad empresarial en el mundo sino como un indicador de desarrollo económico de una nación.

De manera general, esta aspiración es explicada a través de algunas características propias del emprendedor. Entre ellas se han considerado el género, la motivación que tiene al emprender, su edad y su nivel de educación (Puente et al., 2017). Por otro lado, estos individuos son caracterizados por poseer habilidades empíricas basadas en la práctica y la experiencia; que no tienen edades avanzadas, mantienen elevadas cargas familiares y no parecen tener miedo al fracaso. Incluso, aquellos individuos que no trabajan, parecen tener más posibilidades de convertirse en emprendedores en países con altos niveles de regulación (Ardagna & Lusardi, 2008); por otro lado, los que lo hacen no empiezan durante el estudio de sus carreras (debido a los costos de entrada y la aversión al riesgo), sino que lo hacen hasta después de haber pasado por un empleo remunerado (Hincapié, 2019).

Así mismo, es importante comprender el papel que juega el espíritu empresarial a la hora de generar crecimiento económico en una región. Naturalmente, generar progreso al buscar nuevas oportunidades de negocio parece darse a través de la promoción de políticas públicas que buscan tener un impacto positivo en elementos macroeconómicos como la inversión y el desempleo. De hecho, el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB) de una región acabaría por influir positivamente en la aspiración al crecimiento del negocio por parte del emprendedor (Puente et al., 2019). Según las características mencionadas anteriormente, los emprendedores acaban por ser uno de los elementos fundamentales que estimulan el crecimiento económico de un país (Minniti, 2012).

Igualmente, las instituciones también desempeñan un papel clave en la explicación de la actividad empresarial (especialmente como generador de oportunidades de negocios), es por ello que garantizar un ambiente empresarial competitivo y propicio para nuevos emprendedores será la clave para lograr el crecimiento (Urbano et al., 2020).

Sin embargo, queda espacio para avanzar, pues es importante tener en cuenta los determinantes de la aspiración al crecimiento de los emprendedores nacientes en conjunto con factores que suelen ser desconocidos a la hora de analizar el comportamiento de la actividad empresarial. Muestra de ello puede ser considerar los valores sociales, la estructura de clases, el sistema educativo, la percepción de la innovación en sus actividades productivas, las generaciones, etc. (Minniti, 2012).

2.4. Aspiración al crecimiento del negocio: el contexto colombiano

El contexto colombiano no está muy alejado de lo que ocurre en el mundo, pero se deben tener en cuenta matices. Por ejemplo, en entornos institucionales más corruptos, los emprendedores tienen menores aspiraciones de crecimiento del empleo, es decir, que la corrupción tiene un efecto negativo, al igual que el tamaño del gobierno (Estrin et al., 2013). Adicionalmente, los emprendedores optan por el camino de la informalidad puesto que en los países en vía de desarrollo son más sensibles a los cambios por el número de procedimientos necesarios para iniciar y mantener un nuevo negocio, así como a los costos salariales que deben mantener (Urbano et al., 2020). Esto muestra la importancia que tiene el contexto del país para analizar la actividad emprendedora que esta correlacionada con las características propias de cada país o región.

Específicamente, de acuerdo con Romero et al. (2020) en Colombia las aspiraciones al crecimiento de los negocios están correlacionadas con el capital humano general y el capital humano específico. El capital humano general que es el que está relacionado con la educación formal aparece en la literatura como uno de los principales determinantes del emprendimiento por los aumentos en la productividad y en Colombia parece tener un efecto positivo. Ahora bien, los autores muestran que el capital humano específico medido como experiencia, también es de igual importancia para explicar las aspiraciones al crecimiento de los negocios de los emprendedores colombianos. Sin embargo, las correlaciones del capital humano con las aspiraciones al crecimiento del negocio para ambas definiciones de capital humano resultan tener efecto dependiendo del periodo de análisis.

Por otro lado, en la última década, tras el auge en la incidencia de las personas que emigran y retornan a Colombia, y más concretamente, como mencionan Tovar et al. (2021), las empresarias que han retornado al país cuentan con el conocimiento, las habilidades y la experiencia necesaria para

comenzar un negocio con énfasis en los contactos que hacen en el exterior. Sin embargo, es importante garantizar unas buenas condiciones en materia económica del país y un ambiente empresarial propicio que incentive al incremento de la actividad empresarial en los individuos. De conocer el efecto potencial que esto genera en la economía, los individuos con mayor nivel de educación podrían enfrentar un mayor costo de oportunidad tras hacer su carrera como emprendedores (Díaz et al., 2021). Por lo tanto, debido a los efectos que tienen las políticas públicas sobre el emprendimiento, se debe analizar la implementación de normas y leyes que también apoyen a los emprendedores para que el impacto de estas se pueda ver reflejado en un retorno real en la economía (Buitrago, 2014).

En consecuencia, García (2008) propone poner una mayor atención a los aspectos relacionados con el apoyo a las generaciones de nuevos emprendedores para incrementar su probabilidad de éxito en Colombia. Por otro lado, Puente et al. (2020) muestra que las aspiraciones al crecimiento del negocio de los emprendedores en los países de la Alianza del Pacífico (Colombia, Chile, México y Perú) está más correlacionada con el contexto macroeconómico, institucional y el ambiente social, que con características individuales como la edad. Por último, la actividad emprendedora en Colombia se da principalmente por necesidad lo que provoca un alto nivel de emprendimiento empresarial informal o de supervivencia. Según López et al. (2020) este tipo de emprendimiento informal está correlacionado con características del individuo como la edad, lo que refuerza la idea de la importancia de las generaciones como determinante del emprendimiento empresarial.

Por otra parte, Cuevas et al. (2022) realizan un análisis de los factores asociados al emprendimiento de migrantes colombianos que tienen en cuenta la edad como un factor significativo. Encuentran que la edad, en especial ser joven, es un factor relevante para ser emprendedor en Bogotá y no tan relevante para otras regiones. Ellos explican estas diferencias en los resultados de la variable edad por factores socioeconómicos que son diferentes en cada región del país.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de la literatura en términos generales que analiza el efecto de las diferencias generacionales en la edad sobre el emprendimiento empresarial. Para algunos autores lo importante es la edad, para otros la década de nacimiento y otros reconocen la existencia de generaciones particulares dependiendo del año de nacimiento del emprendedor. Esto muestra cómo viene evolucionando el estudio de la edad y de las generaciones en la explicación del emprendimiento empresarial.

Tabla 1. Literatura: diferencias generacionales e influencia de la edad en la aspiración.

Autor	Ideas principales
<i>Diferencias en el emprendimiento entre generaciones</i>	
Chávez & Barrera (2017)	Los Baby Boomers que nacieron y crecieron en el siglo XX han acumulado capital humano, pero su motivación por emprender tiende a disminuir. Adicionalmente, la Generación X es reconocida por invertir moderadamente en capital humano, tienen grandes niveles de energía y junto a los Millenials pueden dirigir emprendimientos en diferentes etapas.
Zhang & Acs (2019)	La Generación X tiene mayor probabilidad de ser emprendedores novatos a diferencia de los Baby Boomers entre los 44-51 años de edad. Adicionalmente, la probabilidad de que los Boomers emprendan por oportunidad es 2,3 veces mayor que los Tradicionalistas.

Zhang & Acs (2018)	Con 44 años, la Generación X y los Baby Boomers tienen la misma propensión a ser emprendedor <i>incorporated</i> . Para la edad de 44-51 años, la propensión de la Generación X disminuye considerablemente en comparación con los Baby Boomers.
<i>Influencia de la variable edad en los emprendedores</i>	
Ardagna & Lusardi (2008); Zhang & Acs (2018)	Existe una relación positiva entre edad y probabilidad de emprendimiento.
Estrin & Mickiewicz (2010)	La probabilidad de ser emprendedor naciente se relaciona de manera directa con la variable edad.
Arenius & Minnit (2005)	El efecto que provoca la edad en la probabilidad de ser emprendedor naciente es negativo.
Autio & Acs (2009); Verheul & Van Mil (2011); Estrin et al. (2013); Puente et al. (2017)	La edad influye de forma negativa en la aspiración de crecimiento empresarial.
Puente et al. (2019)	La edad tiene una relación negativa con la probabilidad de emprender por necesidad y oportunidad en Latinoamérica.

Fuente: Elaboración propia.

3. Metodología

3.1. Datos y variables

Los datos fueron tomados del GEM para el periodo entre 2006 y 2017. El GEM es un esfuerzo conjunto de un gran equipo de investigadores que integra a instituciones educativas de alto nivel de todo el mundo, a fin de entender los determinantes de la actividad empresarial en cada nación. Es una fuente de investigación global que recopila información sobre el emprendimiento directamente de emprendedores individuales, y, sus datos y herramientas benefician a numerosas partes interesadas.

El GEM permitió tomar información sobre el nivel de aspiración al crecimiento de los negocios en términos de la cantidad de trabajadores que espera tener un emprendedor naciente en los siguientes cinco años. Así, y de acuerdo con los trabajos pioneros en la región de Puente et al. (2017) y Puente et al. (2019), la variable dependiente sobre la aspiración al crecimiento de los negocios es una buena medida del crecimiento real de estos. Además, en la misma vía que Estrin y Mickiewicz (2010), se considera una aspiración alta aquella que pretende la creación de diez o más puestos de trabajo en los siguientes cinco años.

La Tabla 2 presenta una descripción de la variable a explicar, un conjunto de variables capaces de determinar la aspiración al crecimiento del negocio y una variable que permite establecer la generación a la que pertenece cada emprendedor colombiano, que se espera que permita distinguir las diferencias en los determinantes del nivel de aspiración al crecimiento de su negocio.

Las características que buscan explicar la aspiración al crecimiento de los negocios de un emprendedor, en esta investigación, son comúnmente usadas en la literatura mundial. En particular, son propiedades estructurales que representan al emprendedor: el género, el nivel de educación, la razón que lo motivó a empezar su negocio, las habilidades con las que cuenta, si él considera que en su país emprender es una carrera deseable, si él cree que en su país ser emprendedor crea reconocimiento a su

alrededor por el hecho de serlo, si considera que la innovación es un factor relevante a la hora de emprender; y, finalmente, si el miedo a fallar le impide tomar la decisión de iniciar a emprender.

Del mismo modo, se agregó un componente temporal que mostrará cómo cambian estas características a lo largo del tiempo en términos discretos. Así, con base en el año en que fue tomada la encuesta y considerando la edad del emprendedor fue calculada su fecha de nacimiento. Luego, fue ajustada y clasificada, según Zhang y Acs (2019), en generaciones. En consecuencia, las personas nacidas entre 1946 y 1965 son considerados Baby Boomers; entre 1966 y 1980 pertenecientes a la Generación X, y, finalmente, entre 1981 y 1995 aquellos que harían parte de la Generación Y-Millennials.

Tabla 2. Descripción de las variables de la base de datos.

Variable	Pregunta de la encuesta	Etiquetas	
		Respuesta	Código
Aspiración de crecimiento	Sin incluir a los propietarios, ¿cuántas personas cree que trabajarán para este negocio cuando se haya establecido en 5 años?	Aspira entre 0 y 1 empleado	1
		Aspira a 2 empleados	2
		Aspira a 3 empleados	3
		Aspira entre 4 y 9 empleados	4
		Aspira entre 10 o más empleados	5
Generaciones	Variable dicotómica que toma el valor de 1 cuando un individuo pertenece a una de las siguientes generaciones:	Baby Boomers	= 1 & o.w. 0
		Generación X	= 1 & o.w. 0
		Generación Y	= 1 & o.w. 0
Género	¿Cuál es su género?	Femenino	1
		Masculino	0
Nivel de educación	¿Cuál es el nivel más alto de educación que ha completado? (Variable recategorizada dado que los rangos variaban entre años)	Bachillerato	1
		Otro	0
Motivación	¿Ha estado involucrado en esta nueva empresa para aprovechar una oportunidad de negocio o porque no tienes una mejor alternativa de trabajo?	Necesidad	= 1 & o.w. 0
		Oportunidad	= 1 & o.w. 0
		Transición	= 1 & o.w. 0
Habilidades	¿Tiene los conocimientos, las habilidades y la experiencia necesaria para iniciar un nuevo negocio?	Sí	1
		No	0
Carrera deseable	En Colombia, ¿la mayoría de la gente considera que iniciar un nuevo negocio es una opción de carrera deseable?	Sí	1
		No	0

Variable	Pregunta de la encuesta	Etiquetas	
		Respuesta	Código
Reconocimiento	En Colombia, ¿las personas que han iniciado un negocio con éxito tienen un alto nivel de vida y reconocimiento /respeto?	Sí	1
		No	0
Miedo a fallar	¿Es el miedo al fracaso lo que le impide emprender un nuevo negocio?	Sí	1
		No	0
Innovación	Q1: ¿Cuántos de sus clientes potenciales cree que considerarán este producto/servicio nuevo y desconocido?	Innovación: Todas, algunas (para Q1 y Q2), o menos de 1 año (para Q3) Imitación: ninguna (para Q1 y Q2) o más de 1 año (para Q3)	1
	Q2: ¿Cuántas otras empresas conocen que ofrecen los mismos productos o servicios a sus clientes potenciales?		0
	Q3: ¿Cuánto tiempo han estado disponibles las tecnologías o los procedimientos necesarios para este producto o servicio?		
Año	Variable dicotómica que toma el valor de 1 para cada año según aquel en que se realizó la encuesta	2006	= 1 & o.w. 0
		2007	= 1 & o.w. 0
		2008	= 1 & o.w. 0
		2009	= 1 & o.w. 0
		2010	= 1 & o.w. 0
		2011	= 1 & o.w. 0
		2012	= 1 & o.w. 0
		2013	= 1 & o.w. 0
		2014	= 1 & o.w. 0
		2015	= 1 & o.w. 0
		2016	= 1 & o.w. 0
		2017	= 1 & o.w. 0

Fuente: Elaboración propia según encuesta del GEM.

La Tabla 3 muestra la frecuencia de la variable dependiente (aspiración al crecimiento del negocio del emprendedor naciente) en su agregado y por generaciones. La aspiración al crecimiento de los negocios se construye a partir del número de empleados que espera tener el emprendedor a los cinco años después de empezar su actividad emprendedora. De esta forma la variable originalmente es continua y tiene un rango entre 0 y 100, aproximadamente. Esta variable se categorizó en cinco grupos de la siguiente forma:

$$Y_i = \begin{cases} 1: \text{Aspira tener menos de 1 trabajador} \\ 2: \text{Aspira tener 2 trabajadores} \\ 3: \text{Aspira tener 3 trabajadores} \\ 4: \text{Aspira tener entre 4 y 9 trabajadores} \\ 5: \text{Aspira tener 10 o más trabajadores} \end{cases}$$

Tabla 3. Frecuencia de la aspiración al crecimiento de los negocios.

Categoría*	Todas las generaciones	Baby Boomers (1946-1965)	Generación X (1966-1980)	Generación Y (1981-1995)
1	329 (4.93%)	72 (4.95%)	137 (5.23%)	120 (4.62%)
2	500 (7.50%)	115 (7.91%)	207 (7.90%)	178 (6.86%)
3	534 (8.01%)	118 (8.12%)	224 (8.55%)	192 (7.40%)
4	1.910 (28.64%)	417 (28.68%)	745 (28.42%)	748 (28.82%)
5	3.397 (50.93%)	732 (50.34%)	1.308 (49.9%)	1.357 (52.29%)

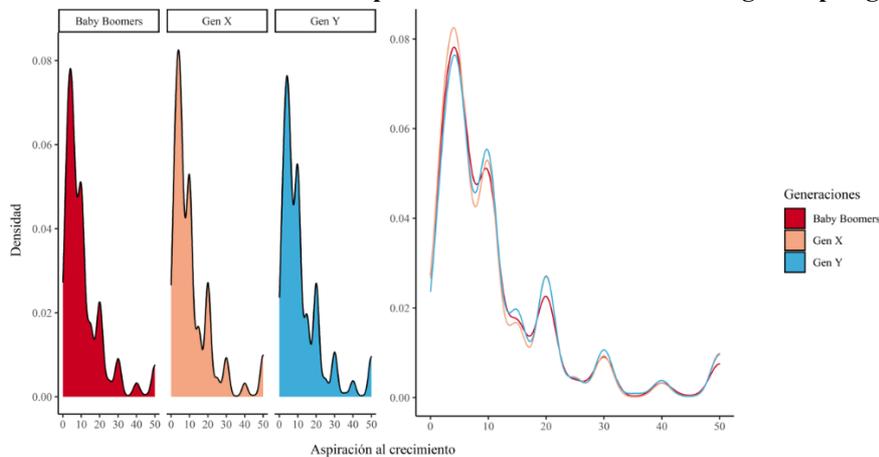
* La variable dependiente aspiración al crecimiento de los negocios considera cinco (5) categorías ordenadas de menor a mayor. Las categorías son las siguientes: (1) si aspira a tener entre cero y un empleado, (2) si aspira a tener dos empleados, (3) si aspira a tener tres empleados, (4) si aspira a tener entre cuatro y nueve, y (5) si aspira a tener diez o más empleados.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

Así, es preciso ver cómo el 50% de las observaciones están concentradas en la categoría 5. Además, considerando que aspirar a tener diez o más empleados representa un nivel de aspiración alta al crecimiento de los negocios, esto trae a la discusión la actitud o disposición combativa, soñadora y propensa al riesgo de los emprendedores nacientes colombianos. Por otro lado, la siguiente categoría es la cuarta, que concentra el 28% aproximadamente. Las categorías 1, 2 y 3 concentran aproximadamente el 22% restante. El comportamiento por generaciones en la aspiración al crecimiento del negocio es similar para todas.

En la misma vía, el Gráfico 1 es de gran ayuda pues permite reconocer la densidad de las observaciones en el eje de las abscisas a una altura determinada en las ordenadas. Así, la distribución de la aspiración al crecimiento de los negocios es asimétrica, sesgada hacia la izquierda ya que los datos se concentran hacia la izquierda de la distribución. Asimismo, es claro que también es leptocúrtica, de tal forma que tiene un alto grado de apuntamiento, o bien, como se esperaba, un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, los cuales parecen tender a niveles en donde la aspiración al crecimiento del negocio es menor a diez empleados. Hay que tener en cuenta que en el gráfico las aspiraciones al crecimiento del negocio se muestran hasta cincuenta debido a que las aspiraciones superiores son muy pocas.

Gráfico 1. Densidad de Kernel de la aspiración al crecimiento de los negocios por generación.



Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

La Tabla 4 resume las estadísticas descriptivas de las variables que han de explicar el nivel de aspiración al crecimiento de los negocios, no solo en el agregado sino por generaciones. A saber, resaltan ciertos rasgos del emprendedor colombiano: el 61% de estos son hombres, el 56% al menos ha completado el bachillerato, el 52% ha estado involucrado en su nueva empresa para aprovechar una oportunidad de negocio y solo el 22% está cambiando su argumento de estar involucrado porque necesita este negocio para sobrevivir, a aprovechar la oportunidad de crecimiento empresarial que puede tener por delante. Así mismo, en general, el 87% de los emprendedores expresa tener los conocimientos, las habilidades y la experiencia necesaria para iniciar un nuevo negocio; el 83% cree que en Colombia la mayoría de la gente considera que iniciar un nuevo negocio es una opción de carrera deseable; el 72% cree que las personas que han iniciado un negocio con éxito, tienen un alto nivel de vida y reconocimiento o respeto; el 99% cree que la innovación es un elemento importante al desarrollar su actividad empresarial; y finalmente, solo el 23% cree que el miedo al fracaso es lo que le impide emprender un nuevo negocio. Entre generaciones, a simple vista, no parece haber indicios de grandes diferencias en estas características estructurales.

No obstante, fueron calculadas las correlaciones entre las variables explicativas. Los resultados de la Tabla 5 sugieren que no existe presencia de un potencial problema de multicolinealidad entre ellas. Los signos de las correlaciones entre las variables son los esperados por la literatura del tema y los valores de estas correlaciones no superan el 90% para el caso de los que son estadísticamente significativos al 99% de confianza.

Tabla 4. Estadísticas descriptivas de las variables de interés

Variables	Todas las generaciones [n = 6.670]				Baby Boomers (1946-1965) [n = 1.454]				Generación X (1966-1980) [n = 2.621]				Generación Y (1981-1995) [n = 2.595]			
	Media	SD	Min	Max	Media	SD	Min	Max	Media	SD	Min	Max	Media	SD	Min	Max
Género: femenino	0.39	0.49	0	1	0.37	0.48	0	1	0.42	0.49	0	1	0.38	0.48	0	1
Nivel de Educación	0.56	0.50	0	1	0.61	0.49	0	1	0.55	0.50	0	1	0.56	0.50	0	1
Motivación: Oportunidad	0.52	0.50	0	1	0.44	0.50	0	1	0.50	0.50	0	1	0.58	0.49	0	1
Motivación: Transición	0.24	0.42	0	1	0.23	0.42	0	1	0.24	0.42	0	1	0.24	0.43	0	1
Habilidades	0.87	0.34	0	1	0.90	0.30	0	1	0.89	0.32	0	1	0.83	0.38	0	1
Carrera deseable	0.83	0.38	0	1	0.86	0.35	0	1	0.83	0.38	0	1	0.81	0.39	0	1
Reconocimiento	0.72	0.45	0	1	0.74	0.44	0	1	0.74	0.44	0	1	0.70	0.46	0	1
Innovación	0.99	0.08	0	1	0.99	0.11	0	1	0.99	0.08	0	1	0.99	0.07	0	1
Miedo a fallar	0.23	0.42	0	1	0.26	0.44	0	1	0.24	0.43	0	1	0.20	0.40	0	1

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM

Tabla 5. Matriz de correlaciones de las variables independientes.

No	Variables	VIF	1	2	3	4	5
1	Aspiración de crecimiento		1				
2	Baby Boomers	1.01	-0.00731	1			
3	Generación X	1.01	-0.02144	-0.42479*	1		
4	Generación Y	1.01	0.02767	-0.42133*	-0.64204*	1	
5	Género: femenino	1.01	-0.13414*	-0.02343	0.04657*	-0.02681	1
6	Nivel de Educación	1.05	-0.07625*	0.04293*	-0.02888	-0.00742	0.03261*
7	Motivación: Oportunidad	1.26	0.07226*	-0.08466*	-0.02241	0.09415*	-0.02925
8	Motivación: Transición	1.36	0.05717*	-0.00430	0.00033	0.00331	-0.05851*
9	Habilidades	1.02	0.05091*	0.05723*	0.04589*	-0.09444*	-0.04482*
10	Carrera deseable	1.05	-0.05184*	0.04506*	-0.00460	-0.03355*	0.01879
11	Reconocimiento	1.02	-0.01418	0.02103	0.02517	-0.04303*	-0.02856
12	Innovación	1.00	0.02053	-0.03238*	0.00676	0.02065	-0.00750
13	Miedo a fallar	1.02	-0.06197*	0.03245*	0.02641	-0.05394*	0.04950*

Notas: (1) La prueba VIF se calculó en R para medir el grado de multicolinealidad según las reglas de Aiken et al. (1991) y Fox & Monette (1992); (2) Nivel de significancia al 1% con el método de Spearman.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM

Tabla 5. (Continuación)

No	6	7	8	9	10	11	12	13
1								
2								
3								
4								
5								
6	1							
7	-0.06179*	1						
8	-0.06727*	-0.57442*	1					
9	-0.06707*	0.06975*	-0.03730*	1				
10	0.07675*	-0.08166*	0.08486*	-0.01024	1			
11	0.06218*	-0.02836	0.01629	-0.00809	0.12243*	1		
12	-0.02463	-0.00766	0.01795	0.00299	-0.01041	-0.00093	1	
13	0.02689	-0.06838*	-0.01667	-0.14608*	0.01174	0.01271	-0.02934	1

Notas: (1) La prueba VIF se calculó en R para medir el grado de multicolinealidad según las reglas de Aiken et al. (1991) y Fox & Monette (1992); (2) Nivel de significancia al 1% con el método de Spearman.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

3.2. Estrategia empírica.

Si bien se ha mencionado que la aspiración al crecimiento de un negocio es medida en términos del número de trabajadores que espera tener un emprendedor en cinco años, y esto parece implicar que la variable debe de ser continua, lo cierto es que tras revisar la distribución de la variable y ver que la mayoría de los valores están contenidos entre cero y diez, parece que la variable dependiente realmente toma un número de valores finitos y discretos que contienen información ordinal. Es por esto que fue categorizada en cinco niveles ordenados de forma que el nivel uno será la aspiración más baja y el cinco la más alta.

Fue por esta razón que, en lugar de pensar en un modelo lineal múltiple (con variable dependiente continua) o un modelo multinomial (con variable dependiente que toma valores finitos y discretos, pero no ordenados), se usó un modelo logit ordenado capaz de predecir la probabilidad de la aspiración al crecimiento de los negocios de los emprendedores colombianos. Así, siendo Y una variable aleatoria que toma el valor de una de las J alternativas ordenadas posibles $\{1, 2, \dots, J\}$, entonces existe una variable latente no observada Y^* que está explicada por:

$$Y_i^* = \Lambda \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad [1]$$

La variable latente continua Y^* tiene múltiples puntos de corte, o interceptos, α_j , que harán que la variable Y observada dependa del corte en la aspiración al crecimiento del negocio de forma discreta. En este caso, Y es el nivel de aspiración que tiene un emprendedor sobre el crecimiento que tendrá su negocio, está agrupada en cinco alternativas o categorías ordenadas (donde la j -ésima alternativa simboliza el nivel de aspiración al crecimiento del negocio más alto, tal que $J = 5$), y puede tomar los siguientes valores:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{si } Y_i^* \leq \alpha_1 \\ 2, & \text{si } \alpha_1 < Y_i^* \leq \alpha_2 \\ 3, & \text{si } \alpha_2 < Y_i^* \leq \alpha_3 \\ 4, & \text{si } \alpha_3 < Y_i^* \leq \alpha_4 \\ 5, & \text{si } Y_i^* > \alpha_4 \end{cases}$$

Λ (lambda) de la ecuación 1, representa la función de distribución logística para el modelo logit multinomial. Como se mencionó, dada la naturaleza latente, discreta y ordinal de la variable dependiente, se usó una parametrización logit acumulativa descrita en la ecuación [2], bajo un modelo de regresión logística ordinal. De este modo, un modelo con $J - 1$ interceptos y un parámetro β_k para cada X_k , no solo permite que el intercepto cambie por cada logit acumulativo, sino que asume que cada variable explicativa ejerce el mismo efecto en cada uno.

$$\log\left(\frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)}\right) = \alpha_j - \sum_{k=1}^K \beta_k X_k \quad [2]$$

De hecho, a diferencia de los modelos lineales, que predicen los valores de Y como combinación lineal de los valores de cada X_k , y permiten usar una interpretación del impacto marginal de los parámetros sobre Y ; un modelo logit estima el logaritmo de las razones de probabilidad de $Y = j$. Los coeficientes de este último, además de tener una interpretación poco intuitiva, no permiten ver el impacto marginal de cada X_k para cada $Y = j$.

Por ello, se estimaron los efectos marginales descritos en la ecuación 3 para cada X_k , los cuales fueron construidos sobre la probabilidad de cada nivel de aspiración al crecimiento y son capaces de expresar los cambios en la probabilidad de aspirar al crecimiento del negocio por parte de un

emprendedor colombiano, ante un cambio unitario en una de las variables independientes, manteniendo las demás constantes. Este cálculo se realiza para cada modelo logit ordenado cuando los regresores se mantienen en su valor medio y manteniendo la misma especificación solo que agregando una unidad a X_k . Al derivar, se obtiene:

$$\frac{\delta Y}{\delta X_k} = G(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{X}_1 + \dots + \hat{\beta}_k(\bar{X}_k + 1) + \dots + \hat{\beta}_j \bar{X}_j) - G(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{X}_1 + \dots + \hat{\beta}_k \bar{X}_k + \dots + \hat{\beta}_j \bar{X}_j) \quad [3]$$

Específicamente, se usa el modelo descrito en la ecuación 4[4 para arrojar estimaciones de los parámetros del modelo tras maximizar la función logarítmica de verosimilitud para una muestra de n observaciones.

$$L(\beta, \alpha) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{J-1} I(y_i = j) \log\left(\frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)}\right) \quad [4]$$

4. Principales resultados

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la estimación de los modelos logit ordenados para estimar la probabilidad sobre la aspiración del crecimiento del negocio de los emprendedores tempranos en Colombia por generación. Las tres columnas de resultados corresponden a las generaciones: Baby Boomers, Generación X y Generación Y-Millennials, en donde se incluyeron las mismas variables justamente esperando encontrar características que diferenciaran a una generación de otra a la hora de emprender.

Las estimaciones se hacen con un pooled desde 2006 hasta el año 2017 y este efecto lo recoge la variable “años”. En esta tabla también se presentan algunos estadísticos sobre el ajuste de las regresiones como, por ejemplo: Log-Likelihood, R cuadrado de McFadden, el criterio de Akaike (AIC) y el tamaño de la muestra.

Sin embargo, los resultados de la estimación de un modelo logit ordenado están en términos del logaritmo de las probabilidades, lo cual dificulta su interpretación. Por esta razón, se prefirió mantener una interpretación que exprese el cambio promedio de la variable dependiente ante un cambio unitario en uno de los regresores, *ceteris paribus*. Mas adelante se presentan los resultados de los efectos marginales en media y su interpretación.

Tabla 6. Resultados del modelo logit ordenado multinomial de la probabilidad de aspiración.

Variables	Baby Boomers (1946-1965)	Generación X (1966-1980)	Generación Y (1981-1995)
Género: femenino	-0.57***	-0.42***	-0.4***
Nivel de Educación	-0.57***	-0.2**	-0.28***
Motivación: Oportunidad	0.55***	0.44***	0.58***
Motivación: Transición	0.68***	0.37***	0.47***
Habilidades	-0.11	0.37***	0.22**
Carrera deseable	-0.15	-0.28***	-0.16
Reconocimiento	0.2*	-0.04	0.03
Innovación	-0.07	0.72*	0.46
Miedo a fallar	-0.31***	-0.18**	-0.22**
Umbral (1->2)	-3.75***	-2.15***	-1.94***

Variables	Baby Boomers (1946-1965)	Generación X (1966-1980)	Generación Y (1981-1995)
Umbral (2->3)	-2.67***	-1.11**	-0.92
Umbral (3->4)	-2.04***	-0.48	-0.31
Umbral (4->5)	-0.61	0.89*	1.14*
Años	Si	Si	Si
Log-Likelihood:	-1747.23	-3226.89	-3063.19
No. Iterations:	5	5	5
McFadden's R ² :	0.04	0.03	0.03
AIC:	3542.46	6501.77	6174.38
Observaciones	1454	2621	2595

* Significancia al nivel del 10%; ** Significancia al nivel del 5%; *** Significancia al nivel del 1%.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

En la Tabla 7 se presentan los efectos marginales en media sobre la probabilidad de aspiración al crecimiento del negocio de los emprendedores considerados Baby Boomers. Para esta generación las características más próximas al individuo resultan tener un efecto estadísticamente significativo sobre la aspiración. Algunas de ellas son el género, el nivel de educación, la motivación para emprender, el reconocimiento y el miedo a fallar. Otras características no resultan tener efecto sobre la aspiración como lo son las habilidades para emprender, percibir el emprendimiento como una carrera deseable y tener incorporada la innovación en el emprendimiento.

Tabla 7. Efectos marginales sobre la aspiración al crecimiento del negocio: Baby Boomers.

Variables	Y = 1	Y = 2	Y = 3	Y = 4	Y = 5
Género: femenino	0.022***	0.034***	0.031***	0.054***	-0.141***
Nivel de Educación	0.022***	0.034***	0.031***	0.054***	-0.142***
Motivación: Oportunidad	-0.022***	-0.033***	-0.03***	-0.052***	0.137***
Motivación: Transición	-0.027***	-0.041***	-0.037***	-0.064***	0.17***
Habilidades	0.004	0.007	0.006	0.01	-0.027
Carrera deseable	0.006	0.009	0.008	0.015	-0.038
Reconocimiento	-0.008*	-0.012*	-0.011*	-0.019*	0.049*
Innovación	0.003	0.004	0.004	0.007	-0.017
Miedo a fallar	0.012**	0.019***	0.017**	0.029**	-0.077***
Años	Si	Si	Si	Si	Si

* Significancia al nivel del 10%; ** Significancia al nivel del 5%; *** Significancia al nivel del 1%.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

En la Tabla 8 se presentan los resultados de los efectos marginales sobre la probabilidad de aspiración al crecimiento de los negocios en los emprendedores de la Generación X. Para este grupo de emprendedores resultan relevantes todas las variables menos el reconocimiento. Por lo que los emprendedores de esta generación perciben que el reconocimiento o el respeto por iniciar un negocio con éxito no es importante para lo que ellos esperan del crecimiento de su negocio en un futuro. Esta característica del reconocimiento puede no estar relacionada con las cualidades de esta generación que se caracteriza por ser personas objetivas que no tienen en cuenta la percepción de los demás debido a que ingresaron a la dinámica de la globalización por el auge de las herramientas digitales y de comunicación. Se informan más y saben lo que quieren por lo que se salen de los parámetros establecidos sobre los negocios de las generaciones anteriores por el uso del computador personal, el internet y las nuevas herramientas tecnológicas que se intensificaron en su generación.

Tabla 8. Efectos marginales sobre la aspiración al crecimiento del negocio: Generación X.

Variables	Y = 1	Y = 2	Y = 3	Y = 4	Y = 5
Género: femenino	0.019***	0.026***	0.024***	0.037***	-0.105***
Nivel de Educación	0.009**	0.012**	0.011**	0.018**	-0.05**
Motivación: Oportunidad	-0.02***	-0.027***	-0.025***	-0.039***	0.111***
Motivación: Transición	-0.016***	-0.023***	-0.021***	-0.032***	0.092***
Habilidades	-0.016***	-0.023***	-0.021***	-0.033***	0.093***
Carrera deseable	0.013***	0.017***	0.016***	0.025***	-0.071***
Reconocimiento	0.002	0.003	0.002	0.004	-0.011
Innovación	-0.032*	-0.044*	-0.041*	-0.063*	0.179*
Miedo a fallar	0.008**	0.011**	0.01**	0.016**	-0.046**
Años	Si	Si	Si	Si	Si

* Significancia al nivel del 10%; ** Significancia al nivel del 5%; *** Significancia al nivel del 1%.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

En la Tabla 9 se presentan los resultados de los efectos marginales sobre la probabilidad de la aspiración al crecimiento del negocio en los emprendedores de la generación Y-Millennials. En esta generación las variables más relacionadas con el individuo como el género, la educación, la motivación, las habilidades y el temor al fracaso resultan tener un efecto sobre la aspiración al crecimiento del negocio. Por otro lado, variables como carrera deseable, reconocimiento e innovación no tienen ningún efecto. Esto puede estar ocurriendo debido a que esta generación nació en la era digital y tienen un profundo conocimiento sobre la tecnología moderna, son nativos digitales. Al estar habituados a informarse recelan de la información que proviene de fuentes más tradicionales y es por esto que su percepción se basa sobre su propia experiencia, características personales y habilidades, desarrolladas en un nuevo contexto al que no estuvieron expuestas las generaciones previas.

Tabla 9. Efectos marginales sobre la aspiración al crecimiento del negocio: Generación Y - Millennials.

Variables	Y = 1	Y = 2	Y = 3	Y = 4	Y = 5
Género: femenino	0.016***	0.022***	0.021***	0.041***	-0.1***
Nivel de Educación	0.011***	0.015***	0.015***	0.029***	-0.069***
Motivación: Oportunidad	-0.023***	-0.032***	-0.031***	-0.06***	0.146***
Motivación: Transición	-0.018***	-0.026***	-0.025***	-0.049***	0.118***
Habilidades	-0.009**	-0.012**	-0.012**	-0.023**	0.055**
Carrera deseable	0.006	0.009	0.008	0.016	-0.04
Reconocimiento	-0.001	-0.002	-0.002	-0.004	0.009
Innovación	-0.018	-0.025	-0.024	-0.047	0.114
Miedo a fallar	0.009**	0.012**	0.012**	0.023**	-0.055**

Variables	Y = 1	Y = 2	Y = 3	Y = 4	Y = 5
Años	Si	Si	Si	Si	Si

* Significancia al nivel del 10%; ** Significancia al nivel del 5%; *** Significancia al nivel del 1%.

Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

Al comparar los efectos marginales sobre la probabilidad de aspiración al crecimiento de los negocios de las tres generaciones (Baby Boomers, Generación X y Generación Y-Millennials), se puede observar que tienen ciertas similitudes, pero existen factores diferenciadores que condicionan la aspiración al crecimiento del negocio para cada una de ellas. Ahora bien, para los Baby Boomers, como para la Generación X y la Generación Y-Millennials, son importantes ciertas cualidades estructurales como el género, el nivel de educación, la motivación y el miedo al fracaso a la hora de iniciar un emprendimiento. De hecho, se mantienen las diferencias intergeneracionales inicialmente mencionadas en torno a la importancia de las habilidades a la hora de emprender, al pensar que ser emprendedor es una carrera deseable en Colombia y ser reconocido por serlo en este país; y al incorporar la innovación en el desarrollo de su actividad empresarial.

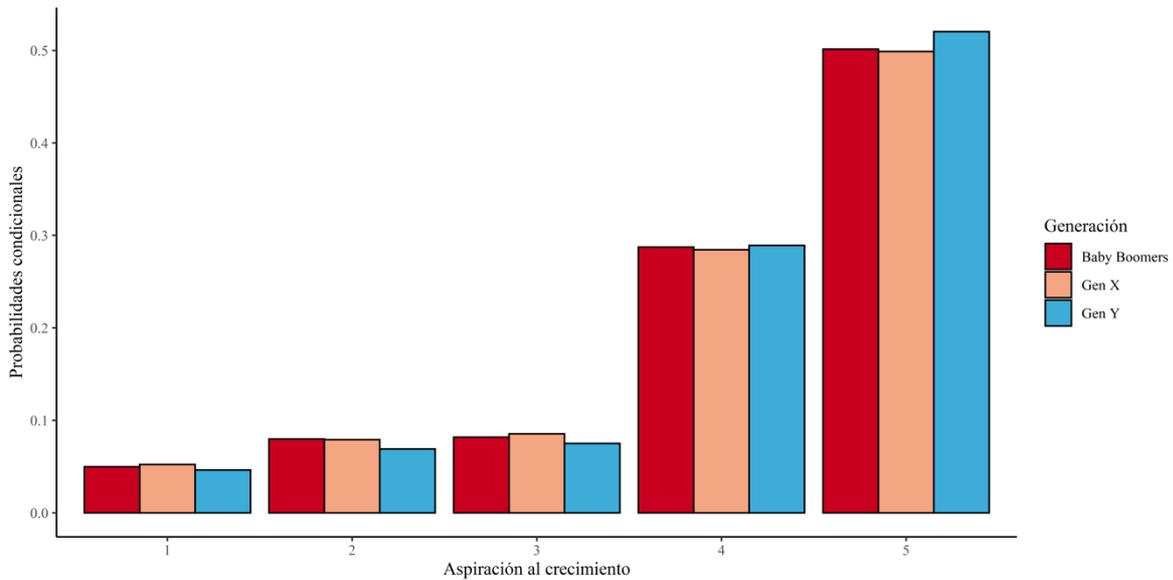
Específicamente, en la Tabla 7 es posible ver que los emprendedores colombianos más longevos (los *Baby Boomers*) consideran importante ser reconocidos para aspirar a que su negocio crezca más. De hecho, la magnitud del efecto aumenta según se aspira a un nivel de crecimiento mayor. Por su parte, revisando la Tabla 8 y la Tabla 9, esta característica no es significativa para los emprendedores pertenecientes a la Generación X y la Generación Y-Millennials, respectivamente.

Ahora bien, los emprendedores nacientes que pertenecen a la Generación X consideran que contar con habilidades externas es importante, de tal forma que entre más habilidades tengan, podrían aspirar a que su negocio crezca más. Sin embargo, pensar que ser emprendedor es una carrera deseable en Colombia parece reducir paulatinamente la probabilidad de aspirar a que su negocio crezca en mayor medida. Sumado a ello, la incorporación de la innovación en el desarrollo de sus actividades es fundamental, sobre todo porque se verá traducida en niveles de aspiración al crecimiento más altos. Por otro lado, ninguna de estas características es relevante para los Baby Boomers.

Los emprendedores de la Generación Y-Millennials comparten una característica con sus coterráneos de la Generación X, ya que para estos también es importante contar con habilidades intrínsecas a la hora de esperar a que su negocio crezca más. Se entiende entonces que no solo el hecho de considerar que ser un emprendedor es una carrera deseable, y algo que genere reconocimiento o respeto por serlo, no es relevante a fin de aspirar a que sus negocios crezcan; sino que incorporar nuevas ideas en sus procesos de diseño, producción o venta de bienes y/o servicios tampoco lo es. Esto último está relacionado con la característica de innovación.

En el Gráfico 2 se presentan las probabilidades condicionales respecto a cada nivel de aspiración al crecimiento de los negocios teniendo en cuenta al individuo promedio dentro de cada generación. Esto permite mencionar dos ideas. La primera es que, sistemáticamente, la probabilidad de que un emprendedor colombiano decida aspirar a un nivel de crecimiento de su negocio aumenta conforme la aspiración es mayor. La segunda idea es que los emprendedores colombianos parecen ser propensos al riesgo e incluso estrechamente ambiciosos y soñadores en sus intenciones de crecer y hacer frente a las adversidades que vengan consigo. Esto puede estar relacionado con los avances del país en su libertad económica y su competitividad. De acuerdo con el índice de libertad económica el país tiene un índice de 68.1 para el año 2021, ubicándolo en el puesto 49 en el mundo entre 178 países y en Latinoamérica como el tercer país por debajo de Chile (19) y Uruguay (44). El mismo GEM resalta que Colombia es uno de los países con mayor TEA del mundo.

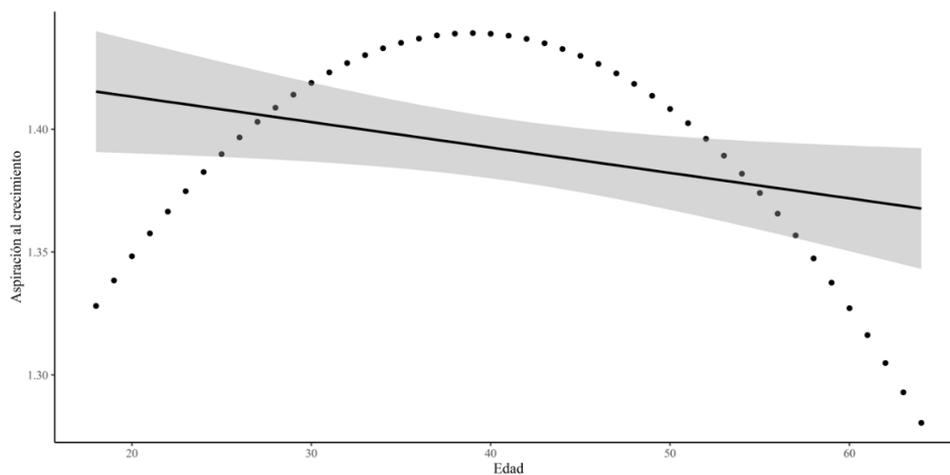
Gráfico 2. Probabilidad de la aspiración al crecimiento de los negocios por generación.



Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

Por último, debido a las diferencias estadísticas encontradas en la probabilidad de la aspiración al crecimiento del negocio de los emprendedores en diferentes generaciones, también se pensó en la relación de la aspiración con la edad en términos continuos. Específicamente, la idea es saber qué ocurría en los niveles iniciales en los que el emprendedor colombiano es más conservador a la hora de aspirar a que su negocio creciera respecto a su edad. En el Gráfico 3 se muestra que los emprendedores más jóvenes (que claramente pertenecen a una generación contemporánea a las anteriores) conforme avanzan en edad tienen aspiraciones al crecimiento de su negocio mayores y a partir de cierta edad el riesgo que asumen disminuye paulatinamente de tal forma que su aspiración se reduce poco después de los cuarenta (40) años de edad. De esta forma, la aspiración al crecimiento del negocio medida por el número de empleados futuros crece hasta los 40 años, momento en el que se llega al máximo. Después de esta edad la aspiración al crecimiento del negocio empieza a decrecer. El gráfico también muestra que entre los 30 y 50 años la aspiración es superior a la del promedio de toda la población colombiana.

Gráfico 3. Relación de la aspiración al crecimiento de los negocios de los emprendedores con la edad.

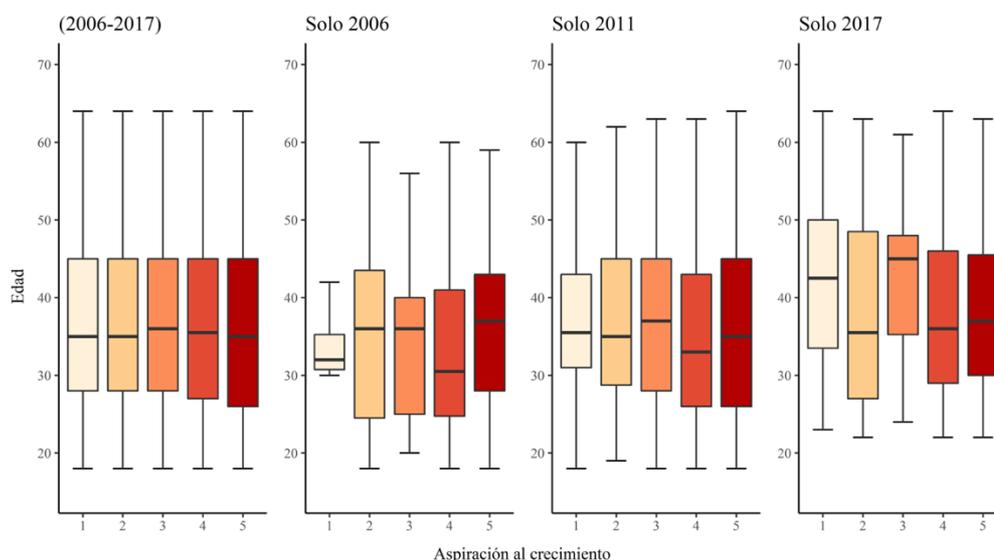


Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

Esto iría entonces en la misma vía del análisis generacional previo, pues, aunque los emprendedores colombianos, en general, parezcan ser más arriesgados, las tres generaciones analizadas dan cuenta de las diferencias entre estos, no solo porque la intuición lleva a pensar que los jóvenes serán más arriesgados que los más longevos, sino porque existen características estructurales y otras generacionales que determinan el riesgo que han de asumir al aspirar a crecer a una escala mayor.

De hecho, en Colombia, al analizar ciertas métricas sobre la edad en el periodo comprendido entre 2006 y 2017, se observó como la edad cambiaba según el nivel de aspiración al crecimiento del negocio que espera el emprendedor. No obstante, la edad promedio para cada categoría se mantiene aproximadamente entre los treinta (30) y cuarenta (40) años de edad, lo cierto es que conforme ha pasado el tiempo la tendencia por categoría ha cambiado. Específicamente, el Gráfico 4 muestra como los emprendedores más longevos, en promedio, esperan que su negocio crezca en uno, dos o tres empleados. Esta idea demuestra la postura conservadora y aversa al riesgo, a la hora de crear una empresa y desenvolverse en su actividad empresarial de la primera generación de emprendedores en comparación con los más jóvenes.

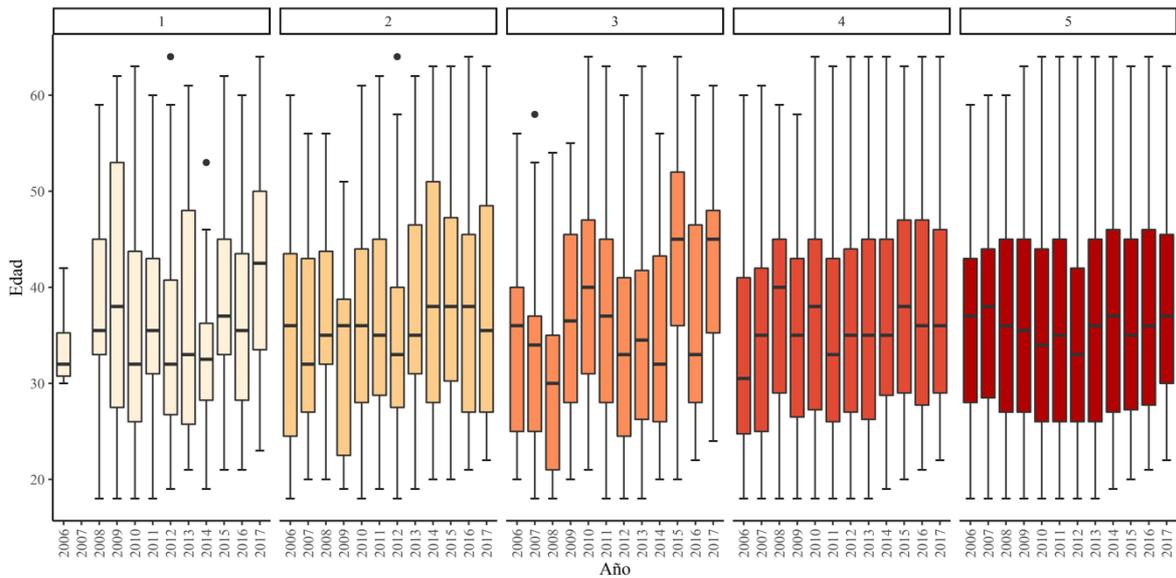
Gráfico 4. Diferencias intercategóricas en la edad a lo largo del tiempo.



Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

De hecho, el Gráfico 5 permite ver cómo cambia la edad en el tiempo en cada categoría de aspiración al crecimiento del negocio. Como se ha de notar, los primeros tres niveles fluctúan mucho más que el nivel cuatro y cinco, lo que quiere decir que han tenido más cambios entre 2006 y 2017. Esto no solo respalda la idea sobre la postura conservadora de los emprendedores colombianos con edades más altas (pues la tendencia va en aumento), y la disposición arriesgada del emprendedor colombiano promedio; sino que permite pensar que estas primeras categorías son transitorias y sirven de tienda de campaña en medio de la tormenta, debido a que representan periodos donde la actividad empresarial ha caído producto de alguna crisis económica nacional o incluso mundial, como por ejemplo la crisis de las hipotecas subprime en 2008.

Gráfico 5. Diferencias intracategorías en la edad a lo largo del tiempo.



Fuente: Elaboración propia con datos del GEM.

5. Conclusiones

Este artículo es una contribución a la comprensión de los potenciales efectos de la generación de nacimiento sobre la probabilidad de aspiración al crecimiento de los negocios de los emprendedores colombianos. Para incluir el efecto de las generaciones se consideraron las siguientes: los Baby Boomers, la Generación X y la Generación Y-Millennials. Esta investigación resulta relevante debido a la tendencia cada vez más común de la sociedad a definir el mundo en términos de generaciones, un hecho relativamente nuevo en la investigación de las ciencias empresariales y económicas. Los datos provienen del General Entrepreneurship Monitor (GEM) para Colombia, desde 2006 hasta 2017.

Esta investigación tiene tres grandes contribuciones. Primero, los principales resultados muestran que pertenecer a una generación particular condiciona la probabilidad de aspirar al crecimiento del negocio de un emprendedor colombiano utilizando un modelo Logit multinomial ordenado. En especial, algunas variables resultan relevantes para unos y no para otros, esto puede explicarse gracias a que los emprendedores más jóvenes tienen una concepción de la vida muy diferente a sus antecesores con relación a la visión de la vida misma, normas, principios y valores. Este resultado se refuerza debido a que aún siendo muy similar la distribución de la aspiración al crecimiento del negocio, las medidas de tendencia central de las características de los emprendedores son diferentes por generación de nacimiento.

Segundo, factores estructurales como el género, la educación y la motivación para emprender resultan significativos para todas las generaciones. Estas variables afectan de forma diferente a algunos tipos de emprendedores dentro de cada generación analizada. Así, los Baby Boomers se caracterizan por tener una probabilidad de aspiración al crecimiento del negocio condicionada a factores como el género, la educación, la motivación, el miedo a fallar y el reconocimiento. Los factores que no influyen son las habilidades, la carrera deseable y la innovación. Para los emprendedores de la Generación X los factores que afectan la probabilidad de aspiración al crecimiento son el género, la educación, la motivación, las habilidades, la carrera deseable, el miedo a fallar y la innovación. En esta generación no influye el reconocimiento. Finalmente, para los emprendedores de la Generación Y-Millennials la probabilidad de aspiración al crecimiento del negocio está condicionada por factores como el género,

la educación, la motivación, las habilidades y el miedo a fallar. En esta generación no existen diferencias estadísticamente significativas con relación a la innovación, el reconocimiento y una carrera deseable.

Tercero, los factores más relacionados con el contexto de la generación de nacimiento tienen efectos diferentes entre las tres generaciones. Existen algunas diferencias que resultan apremiantes de resaltar. El efecto negativo de ser mujer en la aspiración al crecimiento del negocio más alta se va reduciendo para las generaciones más jóvenes, el efecto es mayor para la generación de los Baby Boomers y menos para la generación Y-Millennials. Igualmente, el efecto de la educación es menor para los de la generación más joven. Igualmente, la habilidad para emprender resulta más importante para las generaciones de nacimiento más recientes. El reconocimiento parece ser un factor que afecta positivamente las aspiraciones más altas tanto para la generación de los Baby Boomers, la más vieja, como la para la generación más joven, Y-Millennials.

Estos resultados pueden estar explicados por las características propias de cada generación. Así, por ejemplo, los Baby Boomers se caracterizan por ser individualistas, de espíritu libre, orientados a causas sociales principalmente por nacer en una época de paz y de explosión demográfica. Son la generación de la televisión, los análogos, y muy motivados a los logros personales y laborales. Por otro lado, la Generación X se caracteriza por ser inmigrantes digitales. Son la generación de la tecnología del computador personal (PC), son inconformistas y van más allá por las ganas del éxito personal. Por último, la Generación Y-Millennials se caracteriza por ser la que inicia la digitalización. Su tecnología son los teléfonos inteligentes, smartphone y son en lo personal seguros, orientados al trabajo en equipo y son propensos al uso y familiaridad de las tecnologías digitales.

Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas del análisis del emprendimiento y de la investigación sobre el tema con métodos cuantitativos. Finalmente, no solo el Estado colombiano es responsable de crear políticas públicas que busquen establecer un hábitat en el que los emprendedores sean incentivados a incorporar la innovación en sus negocios, consolidar una sana cultura financiera y cambiar su mentalidad mientras se adaptan a nuevos contextos de acuerdo a su generación de nacimiento; también lo son las mismas iniciativas privadas que permiten motivar la consolidación del tejido empresarial colombiano a fin de fomentar el emprendimiento y posteriormente un aumento de las aspiraciones al crecimiento del negocio de los emprendedores nacientes del país.

Esta investigación tiene algunas limitaciones relacionadas con la imposibilidad de seguir a los mismos emprendedores en el tiempo, no poder observar las habilidades efectivas de cada emprendedor y no se puede capturar una parte de la heterogeneidad no observada de los emprendedores. Adicionalmente, en este documento se utilizan los datos públicos del GEM, por lo que existe un retraso de aproximadamente tres años en la información disponible que no permite incluir un análisis sobre los efectos derivados del Covid, la guerra entre Ucrania y Rusia o la recesión económica actual. Algunas futuras líneas de investigación están asociadas con estimar los efectos de las generaciones de nacimiento por sectores que cambian rápidamente, por ejemplo, las industrias disruptivas. Asimismo, existe la posibilidad de estimar estos resultados en otras regiones del mundo y utilizar datos de emprendimiento diferentes al GEM, estos apoyan la visión económica del emprendimiento y no tanto los resultados sociales.

Referencias

- Aiken, L.S., West, S.G., & Reno, R.R. (1991). *Multiple regression: Testing and interpreting interactions*. US: Sage.
- Ardagna, S., & Lusardi, A. (2008). *Explaining international differences in entrepreneurship: The role of individual characteristics and regulatory constraints* (No. w14012). National Bureau of Economic Research.

- Arenius, P., & Minniti, M. (2005). Perceptual variables and nascent entrepreneurship. *Small Business Economics*, 24(3), 233-247.
- Autio, E., & Ács, Z.J. (2009). *Institutional influences on strategic entrepreneurial behaviours* (No. 2009, 080). Jena Economic Research Papers.
- Buitrago, J. (2014). Emprendimiento en Colombia. *Administración & Desarrollo*, 43(59), 7-21.
- Chávez, B., & Barrera, G. (2017). *Emprendimiento en las 4 generaciones: Baby Boomers, X, Millenials, Z*. <http://www.inacap.cl/web/2019/flippage/reportes-gem/generacion/aysen-generacion/files/AYSEN-ID-GENERACION-07052019-PAGINAS.pdf>
- Cuevas, J.R.T., Martínez, C.L.Z., & Cuevas, L.M.T. (2022). Factores asociados al emprendimiento de migrantes colombianos retornados: una aproximación Bayesiana. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 33, 408-438.
- Delmar, F., & Wiklund, J. (2008). The effect of small business managers' growth motivation on firm growth: A longitudinal study. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 32(3), 437-457.
- Díaz, N., Fajardo E. & Romero, H. (2021). Cultura y emprendimiento en Colombia: un estudio correlacional para el 2017. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 17(33), 44-52.
- Estrin, S., & Mickiewicz, T. (2010). *Entrepreneurship in transition economies: The role of institutions and generational change*. IZA discussion papers.
- Estrin, S., Korosteleva, J. & Mickiewicz, T. (2013). Which Institutions Encourage Entrepreneurial Growth Aspirations? *Journal of Business Venturing*, 28(4), 564-580.
- Foucault, M. (1990). *Tecnologías del yo*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Fox, J., & Monette, G. (1992). Generalized Collinearity Diagnostics, *Journal of the American Statistical Association*, 87, 178-183.
- García, L. M. (2008). Condicionantes del emprendimiento en Colombia. *El Cuaderno Escuela de Ciencias Estratégicas*, 2(4), 167-186.
- GEM (2021). *Reporte GEM Colombia 2021-2022*. Nuestro reto: impacta la dinámica emprendedora colombiana GEM Colombia 2021-2022. <https://gemconsortium.org/report/nuestro-reto-impacta-la-dinamica-emprendedora-colombiana-gem-colombia-2021-2022>
- Guerrero, M., Amorós, J.E., & Urbano, D. (2021). Do employees' generational cohorts influence corporate venturing? A multilevel analysis. *Small Business Economics*, 57(1), 47-74.
- Heidegger, M. (1993). *El ser y el tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Hincapié, A. (2019). Entrepreneurship over the Life Cycle: Where are the Young Entrepreneurs? *International Economic Review*, 61(2), 617-681.
- Johnson, M., & Johnson, L. (2010). *Generation, INC: from boomers to linksters - Managing the friction between generations at work*. American Management Association, EEUU.
- Knight, F. (1942). Profit and entrepreneurial functions. *Journal of Economic History*, 2 (Supplement), 126-132.

- López, H., Lozano, M., Martínez, O., & Tunjo, E. (2020). Determinantes del emprendimiento empresarial en Colombia una mirada desde el mercado informal. *Palermo Business Review*, 21, 169-183.
- Minniti, M. (2012). El emprendimiento y el crecimiento económico de las naciones. *Economía industrial*, 383, 23-30.
- Pozos, D., Lucila, F., & Acosta Márquez, M. P. (2016). Importancia y análisis del desarrollo empresarial. *Pensamiento & Gestión*, 40, 184-202.
- Puente, R., Cervilla, M., González, C. & Auletta, N. (2017). Determinants of the growth aspiration: a quantitative study of Venezuelan entrepreneurs. *Small Business Economics*, 48, 699-726.
- Puente, R., González, C.G. & Cervilla, M. (2019). Necessity entrepreneurship in Latin America: it's not that simple. *Entrepreneurship & Regional Development*, 31, 953-983.
- Puente, R., Mora, J., & Pereira, F. (2020). High-growth aspirations of entrepreneurs in Latin America: Do alliances matter? *Sustainability*, 12(7), 2867.
- Romero, H., Fajardo, E., Rodríguez, A., & Rueda, N. (2020). Capital humano y aspiraciones de crecimiento de los emprendedores en Colombia. *Revista cambios y permanencias*, 11(2), 832-874.
- Rosa, H., & Tejeda, A. (2016). Relevo generacional y emprendimiento en PYMES familiares dominicanas: estudio de caso múltiple. *Ciencia y Sociedad*, 41(2), 389-412.
- Schumpeter, J. (1961). Entrepreneurial profit. En *The theory of economic development* (Cap. 4, pp. 128-156). Cambridge: Harvard University Press.
- Tovar, L., Victoria, M., Balanta, S., Coral, Á., & Zuñiga, C. (2021). Factores que inciden en la probabilidad de que las mujeres colombianas retornadas sean emprendedoras. *Contaduría y Administración*, 66(4), 1-17.
- Urbano, D., Audretsch, D., Aparicio, S. & Noguera, M. (2020). Does entrepreneurial activity matter for economic growth in developing countries? The role of the institutional environment. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16, 1065-1099.
- Verheul, I., & Van Mil, L. (2011). What Determines the Growth Ambition of Dutch Early-Stage Entrepreneurs? *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, 3(2), 183-207.
- Yang, J., Zhang, M., Ballester-Miquel, J.C., & Ribeiro-Navarrete, S. (2022). Exploring what drives entrepreneurs: Intergenerational differences between entrepreneurs born in the 1980s and 1990s. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 821-885.
- Zemke, R., Raines, C., & Filipczak, B. (2013). *Generations at Work: Managing the Clash of Boomers, Gen Xers, and Gen Yers in the Workplace*. American Management Association.
- Zhang, T., & Acs, Z. (2018). Age and entrepreneurship: nuances from entrepreneur types and generation effects. *Small Business Economics*, 51, 773-809.
- Zhang, T., & Acs, Z. (2019). Does Generation Matter to Entrepreneurship? Four Generations of Entrepreneurs. *Southern Economic Journal*, 86(2), 459-477.



The effect of authentic leadership and transparent organizational communication on employee welfare with mediation variables of employee trust in medium companies

YUWONO, WISNU

Universitas Internasional Batam (Indonesia)

Correo electrónico: wisnu@uib.ac.id

DANITO, DANIEL

Universitas Internasional Batam (Indonesia)

Correo electrónico: 1944050.daniel@uib.edu

NAINGGOLAN, FERDINAND

Universitas Internasional Batam (Indonesia)

Correo electrónico: ferdinand.nainggolan@uib.edu

ABSTRACT

The employee turnover rate in the industrial world has increased sharply, especially in medium-sized companies. This turnover rate is closely related to employee psychological welfare. This study aims to analyze the effect of authentic leadership variables and transparent organizational communication on employee welfare mediated by employee trust in medium-sized companies. The sample in this study amounted to 150 employees who work in medium-sized companies in the city of Batam City, Indonesia Country. Through data analysis with the help of the SmartPLS version of 3.0, it is shown that all the variables tested in this research model have a significant effect, both direct and indirect. That to improve the psychological well-being of employees optimally, authentic leadership variables and transparent organizational communication must go through employee trust as a mediating variable. The results of this study can be used as a reference by the manager of medium-sized business group companies in Batam in designing matters relating to the welfare of their employees.

Keywords: authentic leadership; transparent organizational communication; employee's trust; employee's well-being.

JEL classification: D22, D23, I31.

MSC2010: 90B70; 91B15.

El efecto del liderazgo auténtico y la comunicación organizacional transparente en el bienestar de los empleados con variables mediadoras de la confianza de los empleados en empresas medianas

RESUMEN

La tasa de rotación de empleados en el mundo industrial ha aumentado considerablemente, especialmente en las empresas medianas. Esta tasa de rotación está estrechamente relacionada con el bienestar psicológico de los empleados. Este estudio tiene como objetivo analizar el efecto de las variables de liderazgo auténtico y comunicación organizacional transparente en el bienestar de los empleados medido por la confianza de los empleados en empresas medianas. La muestra en este estudio ascendió a 150 empleados que trabajan en empresas medianas en la ciudad de Batam City, Indonesia País. Mediante el análisis de datos con la ayuda del SmartPLS versión 3.0, se demuestra que todas las variables probadas en este modelo de investigación tienen un efecto significativo, tanto directo como indirecto. Que para mejorar de manera óptima el bienestar psicológico de los empleados, las variables de liderazgo auténtico y comunicación organizacional transparente deben pasar por la confianza de los empleados como variable mediadora. Los resultados de este estudio pueden ser utilizados como referencia por el gerente de empresas del grupo empresarial mediano en Batam en el diseño de asuntos relacionados con el bienestar de sus empleados.

Palabras clave: liderazgo auténtico; comunicación organizacional transparente; confianza del empleado; bienestar del empleado.

Clasificación JEL: D22, D23, I31.

MSC2010: 90B70; 91B15.



1. Introduction

The psychological well-being of employees has become a topic that is constantly discussed in the world of human resource management. In every topic related to the humanities, the topic of employee welfare has been brought up for years (Russell, 1930). This is because the influence of employee welfare on employee performance has an impact on company performance (Wright & Cropanzano, 2000). The aspect of employee welfare is also an aspect that significantly influences employees' trust in their leaders (supervisors), which leads to employee attachment to the company where employees work (Robertson & Cooper, 2010). Therefore, employee welfare is an important variable that needs to be considered by the company.

To improve employee welfare, one of the most significant driving factors is employee trust (Kelloway et al., 2012). High employee trust encourages employees to feel satisfied in carrying out their assigned work, and even encourages employees to perform tasks outside of their responsibilities or also known as Organizational Citizenship Behavior, and makes employees reluctant to leave the company (reducing Turnover Intention) and stop working (Hansen et al., 2011). Employee trust is shown not only in the quality of authentic leaders, who can make decisions swiftly, solve problems appropriately, and carry out other work activities well, but also shown to the organization or company (Saks, 2006).

With the quality of authentic leaders and transparency of organizational communication, employee trust is well-formed (Jiang & Luo, 2016). The qualities of authentic leaders are meant to be leaders who inspire employees to be proactive in their work and decision-making through the authenticity, transparency, and integrity of the leader. Transparency in organizational communication also fosters employee trust in the company because transparency is often the cause of fractured relationships between companies and company stakeholders, especially employees (Fombrun & Rindova, 2000; Tapscott & Ticoll, 2003; Jahansoozi, 2006; Walumbwa et al., 2008).

One of the threats to the welfare level of good Indonesian employees is the influx of millennial or Generation Y workers as reported by Deloitte Indonesia (Deloitte Indonesia Perspectives, 2019). Millennials are those who were born between 1982 and 2002 with certain characteristics in their work. As reported (Statistics Indonesia, 2017), the millennial generation population is recorded at 88 million people and constitutes 33.75% of the total population of Indonesia. Since the entry of the millennial generation into the workforce, the employee turnover rate in the industrial world has increased by more than 10% (Deloitte Indonesia Perspectives, 2019). This is in line with research conducted by Gallup (2016) with results stating that the millennial generation tends to move between jobs. The turnover rate experienced by employees is evidence that there is a decrease in the level of welfare felt by employees (Hansen et al., 2011; Wu et al., 2017). Urieși (2019) also states that the detrimental effect of employee turnover rates is more significant in medium-sized companies. This is not only due to the financial resources owned by the company related to employee career paths or the future of the company, but also due to the quality of entrepreneurial leadership in medium-sized companies (Yang et al., 2019).

2. Literature review

According to Jiang & Luo (2018), authentic leadership in the company has a direct effect on transparent organizational communication and employee engagement in the company which acts as 2 mediating variables towards employee trust. Meanwhile, according to Kelloway et al. (2012), employee trust is not a dependent variable but a mediating variable that leads to employee welfare as the dependent variable. On the other hand, the research conducted by Yue et al. (2019) states that transparent communication does not mediate the relationship between leadership and employee trust. This statement is in line with the results of research conducted by Basit & Siddiqui (2020) which states that the effect of transparent organizational communication mediation is insignificant. Because there are

many differences between the research results, research related to the factors that shape employee welfare mediated by employee trust needs to be carried out to prove this.

Jiang and Luo (2018) state that authentic leaders in the company play a critical role in stating how transparent the communication that takes place within the company is. When communicating with leaders and seeing how they are individuals who also have weaknesses, how they communicate their intentions and thoughts clearly, how they act consistently with their principles, and how they value the opinions of others (Walumbwa et al., 2008), employees tend to feel that their leaders can be trusted in their actions as well as the policies they decide (Rawlins, 2008). In a study conducted in the Pakistani service industry, Basit & Siddiqui (2020) stated that authentic leadership gives birth to transparent organizational communication because authentic leaders invite every individual they lead to participating in communications that occur internally within the company. Through their behavior, authentic leaders indicate that important information in the company can be known and each individual in the company is trusted to maintain that information through their respective actions and policies (Jiang & Men, 2017). Men (2014) found that leadership behavior strongly shapes the company's communication culture and climate through daily communication between leaders and employees so that employees perceive their leader as a trusted and chosen source of information.

H₁: Authentic leadership is significantly positively related to transparent organizational communication.

Authentic leadership and transparency of organizational communication together positively affect employees' trust in the company (Jiang & Luo, 2018). In social exchange theory (SET), the process of exchanging relations between parties emphasizes mutual dependence, compensation, and reciprocity. Employees have a belief that their superiors are obligated to tell them the truth about the company and if they don't, then employees will feel they are being treated unfairly and will reduce their work engagement, leading to reduced trust in the company. Therefore, transparency is one of the dimensions of authentic leadership in addition to self-awareness, internal moral perspective, and balanced information processing (Bamford et al., 2013). The openness and consistency of a leader between the beliefs they have and the actions they take have an important role in growing employee trust.

H₂: Authentic leadership has a positive significant relationship with employee trust.

Organizational communication is basically required for more than just information disclosure and honesty (Rawlins, 2008; Albu & Wehmeier, 2014). Gower (2006) and Heald (2006) emphasize that transparency, in an organizational context, should engage the listener and be related to the listener's ability to process and interpret information. Thus Rawlins (2008) concludes that organizational transparency is defined as "a deliberate effort to provide all information that is legally possible to disclose - regardless of the positive or negative nature of the information - in an accurate, timely, balanced and unequivocal manner to improve the quality of public opinion so that they trust the company regarding its actions, policies, and activities". Through the Job Demands-Resources research model by Bakker & Demerouti (2014). Menguc et al. (2013) show that there is a plausible theoretical explanation for the link between organizational communication transparency and employee trust. Saks (2006) bases his statement on the JD-R model, stating that transparent communication within the organization is a key resource for motivating employees to be committed to the workplace and to trust the company and its leaders.

H₃: Transparent organizational communication has a significant positive relationship with employee trust.

Leaders who have authentic values in themselves treat employees honestly and well so that it affects employee welfare positively. Authentic leaders create a pressure-free environment within the company that makes employees feel comfortable at work. In addition, authentic leaders also sacrifice personal agendas for the sake of company goals that make employees become inspired and motivated

to do what is worth it. This hypothesis is also in line with studies conducted by Adil & Kamal (2016), Rahimnia & Sharifirad (2015), Nelson et al. (2014).

H₄: Authentic leadership has a positive significant relationship with the level of employee welfare in the company.

Transparency acts as a precursor to relationships that lead to personal development (in the welfare dimension) and transparency is reflected in the authentic values of leaders as well as organizational communication (Adil & Kamal, 2016). More than that, organizational communication determines the atmosphere in the work environment. Jiang & Men (2017) stated that transparency creates an atmosphere of trust and credibility within the company that makes employees feel calm at work and feel they can rely on the company and their leaders. However, transparency in communication will only mean if the information provided is relevant to the company's strategic decisions and actions and if the company involves employees in identifying, obtaining, and distributing information. In essence, transparency in organizational communication must cover 3 (three) different analytical aspects, namely substantial information, participation, and accountability (Men, 2014; Rawlins, 2008).

H₅: Transparent organizational communication is significantly positively related to the welfare of employees in the company.

Authentic leadership fosters employee trust in co-workers and, significantly, in the competence, goodwill, dependability, and integrity of the leader or in other words, the essential dimension of trust (Norman et al., 2010). Such trust in the leader extends to trust in the company. Furthermore, when leaders engage in transparent organizational communication, co-workers and employees also feel the consistency between the beliefs the leader has and his actions (Vogelgesang et al., 2013). When that happens, employees feel they enjoy work, are committed, and become more efficient and more involved in work and other words, employee trust is formed through employee attachment to work. Through these positive emotions, employees' feelings are stimulated to trust others more, so it can be concluded that these things influence each other and directly affect the level of employee trust (Jiang & Luo, 2018).

The employee's trust that has been formed pushes employees into a psychological condition that makes them rely on and have positive expectations of their leaders and company. Employee trust positively affects employee well-being by limiting perceptions of possible risk, vulnerability, and stress, in other words, factors that reduce well-being (Schabracq et al., 1997).

H₆: Employee trust variable mediates the relationship between authentic leadership and transparent organizational communication on the level of employee welfare in the company.

Employee trust is directly related to employee welfare while working in the company (Kelloway et al., 2012). Employee trust in this study does not only talk about employee trust in the company but also towards the leader who has been assigned to him (Liu et al., 2010). By definition, employee trust refers to psychological conditions that encourage individuals to allow themselves to be vulnerable based on positive expectations of the intentions and behavior of others (Kelloway et al., 2012). When employees believe that leaders and the company they work for think about their well-being and can be trusted through the things they see from their daily lives, this shapes employee well-being. Guest (2017) states that the trust that is formed in employees is a shaper of employee welfare in the workplace which will ultimately encourage employee performance. This is also evidenced by Arnold's research (2017) which finds that trust in leaders directly affects the psychological well-being of employees.

H₇: Employee trust is positively related to the level of employee welfare in the company.

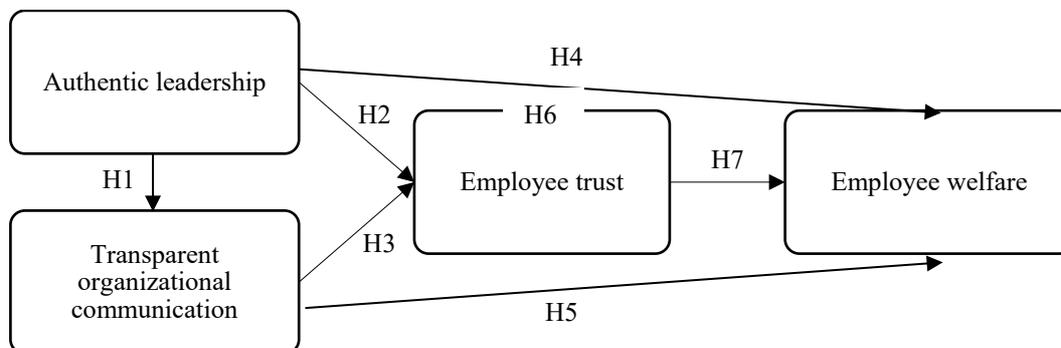
3. Data and Methodology

The data used in this study is primary data. Primary data was obtained through questionnaires distributed to employees who work in middle-class companies by filling out a google form questionnaire in Indonesian, because they were still in the COVID-19 pandemic in early 2021. Questionnaires were sent to 50 companies that had been selected by researchers. Middle-class companies in accordance with Law of Republic Indonesia No. 20 of 2008 is a company with a net worth of more than Rp. 500,000,000.00 (five hundred million rupiah) - Rp. 10,000,000.00 (ten billion rupiah), excluding land and building for business; or a business with annual sales of more than IDR 2,500,000,000.00 (two billion five hundred million rupiah) - IDR 50,000,000,000.00 (fifty billion rupiah). The number of samples of 150 people has met the requirements for a minimum sample in correlational research (Sigit & Amirullah, 2016).

Variable measurement

Authentic leadership is measured using the following dimensions: (1) self-awareness; (2) relational transparency; (3) internal moral perspective; and (4) balanced information processing. The question instrument was adopted from 14 questions (Neider & Schriesheim, 2011). Transparent organizational communication is defined through 3 (three) dimensions, namely participation, substantial information, and accountability. Instrument questions regarding this variable adopted from Rawlins (2008) which amounted to 18 questions. To measure trust, it consists of 4 (four) questions (Hon & Grunig, 1999). The psychological well-being of employees was adopted from 12 questions from the *General Health Questionnaire* (Sánchez-López & Dresch, 2008). All of these variables were measured using a five-point *Likert scale*, which means that 1 is strongly disagree, 2 is disagree, 3 is neutral, 4 is agree, and 5 is strongly agree.

Figure 1. Research Model.



Source: Own elaboration.

4. Results

4.1. Respondent Demographics

Table 1. Characteristics of Questionnaire Respondents.

Respondent Demographics	Frequency	Percentage (%)
Gender		
Male	73	49%
Female	77	51%
Age		
Between 20 to 25 years	85	56.7 %
Between 26 and 30 years old	20	13.3 %
Between 31 to 35 years old	18	12.0 %
Between 36 and 40 years old	17	11.3 %
Between 41 to 45 years old	7	4.7 %
Over 46 years old	3	2 %
Education		
< High School/Equivalent	2	1.3 %
High School/Equivalent	26	17.3 %
Diploma	2	1.3 %
Undergraduate	112	74.7 %
Postgraduate	8	5.3 %
Length of work		
Less than 1 year	27	18.0 %
Between 1 to 5 years	100	66.7 %
Between 6 to 10 years	10	6.7 %
> 10 years	13	8.7 %
Last Position		
Employee/staff	118	78.7 %
Head of Division	10	6.7 %
Manager	18	12.0 %
Director	4	2.7 %

Source: Primary data processed (2021).

4.2. Outlier Test Results

This research uses questionnaire data as many as 155 respondents. 5 (five) of them had a z-score (z-score) lower than -3. This causes the five data to be eliminated from the research sample to be tested. Thus, there are 150 questionnaires are eligible to be tested in this research. The results of the outlier test on the five questionnaires are as follows.

Table 2. Outlier Test Results.

Subject	Outlier Variables	Outlier Value
Responden #21	ZEmployeeTrust	-3.18589
Responden #25	ZAuthenticLeadership	-3.20921
Responden #60	ZAuthenticLeadership	-4.25228
Responden #106	ZAuthenticLeadership	-3.20289
Responden #129	ZAuthenticLeadership	-4.15829

Source: Primary data processed (2021).

After testing outliers on the data, there are 5 (five) questionnaires with a z-score (z-score) lower than -3. These data are outlier data and in order to avoid errors in interpretation of the results of data analysis due to the spread of abnormal data, outlier data must be eliminated from the total research sample and not participate in the subsequent data processing. Through outlier testing, the sample data that are eligible for further testing are 150 questionnaires.

4.3. Common Method Biases (CMB) Test Results

From the data that has passed the outlier test, the next test that must be carried out is the Common Method Biases (CMB) test using the Harman's Single Factor method or also called the Harman's One Factor Test by utilizing the SPSS version 24 software feature. None of the factors (single factor) that explained the variance in the questionnaire was more than 50%, because the highest variance value in this study was 39.298%. It can be concluded from these results that there is no common method bias in this study and research using Partial Least Squares (PLS) analysis can be started.

4.4. Model Evaluation Test Results

4.4.1. Validity Test Results

Testing the validity of the questions, there is 1 (one) question item with a PWB2 code that is worth less than 0.5 and must be eliminated because it is invalid (Ghozali, 2011). After the elimination process, the results of the validity test for each question item can be seen in the following table.

Table 3. Outer Loadings Test Results.

Question	Sample Mean	Validity
ALI1 <- ALI	0.699	Valid
ALI10 <- ALI	0.795	Valid
ALI11 <- ALI	0.737	Valid
ALI12 <- ALI	0.753	Valid
ALI13 <- ALI	0.826	Valid
ALI14 <- ALI	0.656	Valid
ALI2 <- ALI	0.665	Valid
ALI3 <- ALI	0.681	Valid
ALI4 <- ALI	0.720	Valid
ALI5 <- ALI	0.639	Valid
ALI6 <- ALI	0.728	Valid
ALI7 <- ALI	0.742	Valid
ALI8 <- ALI	0.719	Valid
ALI9 <- ALI	0.511	Valid
PWB1 <- PWB	0.737	Valid
PWB10 <- PWB	0.702	Valid

PWB11 <- PWB	0.516	Valid
PWB12 <- PWB	0.720	Valid
PWB3 <- PWB	0.516	Valid
PWB4 <- PWB	0.622	Valid
PWB5 <- PWB	0.564	Valid
PWB6 <- PWB	0.601	Valid
PWB7 <- PWB	0.690	Valid
PWB8 <- PWB	0.778	Valid
PWB9 <- PWB	0.680	Valid
TOC1 <- TOC	0.633	Valid
TOC10 <- TOC	0.758	Valid
TOC11 <- TOC	0.819	Valid
TOC12 <- TOC	0.679	Valid
TOC13 <- TOC	0.770	Valid
TOC14 <- TOC	0.798	Valid
TOC15 <- TOC	0.767	Valid
TOC16 <- TOC	0.764	Valid
TOC17 <- TOC	0.795	Valid
TOC18 <- TOC	0.718	Valid
TOC2 <- TOC	0.657	Valid
TOC3 <- TOC	0.762	Valid
TOC4 <- TOC	0.823	Valid
TOC5 <- TOC	0.706	Valid
TOC6 <- TOC	0.702	Valid
TOC7 <- TOC	0.817	Valid
TOC8 <- TOC	0.714	Valid
TOC9 <- TOC	0.844	Valid
TR1 <- TR	0.848	Valid
TR2 <- TR	0.868	Valid
TR3 <- TR	0.876	Valid
TR4 <- TR	0.826	Valid

Source: Primary data processed (2021).

After eliminating invalid questions and obtaining valid overall test results, data processing was continued by testing the validity of each variable in the research model. This validity test has a minimum Average Variance Extracted (AVE) value of 0.5. The test results show that there is no invalid variable because it meets the requirements of convergent validity, namely the AVE value is above 0.5 (Hair et al., 2011).

Table 4. Average Variance Extracted Test Results.

Construct/Variable	Sample Mean	Validity
Authentic Leadership	0.505	Valid
Transparent Organizational Communication	0.569	Valid
Employee Trust	0.727	Valid
Employee welfare	0.502	Valid

Source: Primary data processed (2021).

4.4.2. Reliability Test Results

After the variables and questions forming the variables were tested valid, each variable was tested for reliability using the Composite Reliability test with the minimum requirement that the composite reliability value was 0.7 for explanatory research (Hair et al., 2011). Through this test, it is proven that

all variables exceed the minimum requirement for the composite reliability value of 0.7 and are declared reliable.

Table 5. Composite Reliability Test Results.

Latent Variable	Sample Mean	Reliability
Authentic Leadership	0.934	Reliable
Transparent Organizational Communication	0.959	Reliable
Employee Trust	0.915	Reliable
Employee welfare	0.867	Reliable

Source: Primary data processed, 2021.

4.5. Structural Model Test Results (Inner Model)

4.5.1. Direct Effect Test Results

Path Coefficients test shows the significance of each variable about to with concerning other variables. Through this test, obtained results that show the significance of the direct influence of the variables in the research model.

Table 6. Path Coefficients Test Results (Direct Effect).

Path (X → Y)	T-Statistics	P-Values	Hypothesis
Authentic Leadership → Transparent Organizational Communication	16.405	0.000	H1: Significantly influential
Authentic Leadership → Employee Trust	3.810	0.000	H2: Significantly influential
Transparent Organizational Communication → Employee Trust	3.950	0.000	H3: Significantly influential
Authentic Leadership → Employee Welfare	2.292	0.022	H4: Significantly influential
Transparent Organizational Communication → Employee Welfare	3.125	0.002	H5: Significantly influential
Employee Trust → Employee Welfare	2.024	0.043	H7: Significantly influential

Source: Primary data processed (2021).

Hypothesis 1

The T-Statistics and P-Values values of the relationship between authentic leadership and transparent organizational communication exceed the minimum requirements, namely 16.405 and 0.000, respectively. So, this shows a significant influence in the relationship. This significant positive relationship is caused by authentic leadership practices in companies in Batam city. Authentic leaders are proven to be able to create a transparent communication atmosphere for employees, so this shows

that authentic leadership is directly proportional to the level of transparency in corporate communications. The results of this test proved consistent with the results of research by Basit & Siddiqui (2020), Jiang & Luo (2018), and Men (2014).

Hypothesis 2

Likewise, with the proven significant effect in the relationship between authentic leadership on employee trust with a T-Statistics value of 3.810 and a P-Values of 0.000. A significant influence in this relationship is created because when employees see authentic values in their leaders, employees feel trust in the leader and lead to trust in the company. One example is a boss who sticks to his principles and follows them consistently demonstrates integrity that employees can trust and makes employees feel they can trust the company they work for. This finding is in line with the results found by Jiang & Luo (2018) and proves the denial of the existence of a relationship or significance between the two variables as stated by Basit & Siddiqui (2020).

Hypothesis 3

The results of the Path Coefficients test between transparent organizational communication and employee trust prove that there is a significant influence in the relationship. When employees can clearly understand what is going on in the flow of organizational communication and are directly and indirectly invited to be involved in the communication process, it makes employees feel that the information they receive is reliable and accurate, thereby fostering a sense of trust in the company. With T-Statistics and P-Values values of 3.950 and 0.000, respectively, this significant effect is consistent with the study of Menguc et al. (2013), Bakker & Demerouti (2014), and Saks (2006).

Hypothesis 4

The relationship between authentic leadership and employee welfare has been shown to have a significant direct effect with the T-Statistics and P-Values values exceeding the minimum requirements, which are 2.292 and 0.022. The causes of this significant positive relationship include authentic leadership possessed by leaders in companies in Batam which encourages the creation of a conducive atmosphere for employees to work. Authentic leadership values encourage employees to be able to work better, feel valued, and gain prosperity in the workplace. This is also proven through studies conducted by Adil & Kamal (2016), Rahimnia & Sharifirad (2015), Nelson et al. (2014).

Hypothesis 5

Transparent organizational communication also has a significant direct effect on employee welfare. The communication process within the company that takes place transparently provides a sense of security and well-being for employees because they can analyze what is and will be happening within the company. When the information received is reliable and reliable, employees can face problems and make decisions with the information. And with transparency in communication, employees also have access to provide feedback regarding the state of the company.

With the T-Statistics value of 3.125 and the P-Values of 0.002 which exceeds the minimum T-Statistics value of 1.96 and the minimum P-Values of 0.05, this significant effect has also been proven by previous studies conducted by Adil & Kamal (2016), Jiang & Men (2017).

Hypothesis 7

The direct relationship between employee trust variables on employee welfare is significantly influenced by the T-Statistics and P-Values values of 2.024 and 0.043, respectively. The confidence in employees that the company they work for treats them fairly and well and pays attention to them fosters the inner well-being of employees. Not only employees in lower management levels, employees in

middle and upper management levels also feel this way. This significance is by following per the research of Jena et al. (2018), Guest (2017), Arnold (2017), and Kelloway et al. (2012).

4.5.2. Indirect Influence Test Results

Not only the direct effect, but the Path Coefficients test also proves the significance of the mediating variable in the relationship between variables. In this study, the employee trust variable becomes a mediating variable between the independent variables and the dependent variable.

Table 7. Path Coefficients Test Results (Indirect Effect/Mediation).

Path (X → Y)	T-Statistics	P-Values	Hypothesis
Authentic Leadership → Employee Trust → Employee Welfare	3.912	0.000	H6: Significantly influential
Transparent Organizational Communication → Employee Trust → Employee Welfare	3.226	0.001	

Source: Primary data processed (2021).

Hypothesis 6

The mediating effect of employee trust variables in the relationship between authentic leadership and transparent organizational communication on employee welfare is significant with T-Statistics and P-Values values that pass the minimum value requirement. Companies in Batam prove that employee trust grows from authentic leadership and transparent organizational communication. This growing employee trust is the basis for creating employee welfare in the company. The results of this test are consistent with research by Jiang & Luo (2018), Vogelgesang et al. (2013), Norman et al. (2010).

4.6. Model Feasibility Test Results (Goodness of Fit Model)

4.6.1. Test Results The coefficient of determination (R-Square/R²)

The nominal coefficient of determination determines the correlation between variables and how far these variables are explained by other variables. In the table below, the results obtained from testing the coefficient of determination using R-Square Adjusted. The Transparent Organizational Communication variable has an R-Square Adjusted value of 0.558 which indicates that the variable is explained by the Authentic Leadership variable of 55.8%. Meanwhile, the mediating variable of Employee Trust is explained by Authentic Leadership and Transparent Organizational Communication of 60.6%, and the variable of Employee Welfare is explained by Authentic Leadership, Transparent Organizational Communication, and Employee Trust of 57.9%. In other words, the rest is explained by other variables not included in this research model.

Table 8. Results of the Coefficient of Determination (R-Square Adjusted).

Variable	R-Square (R ²)
Transparent Organizational Communication	0.558
Employee Trust	0.606
Employee welfare	0.579

Source: Primary data processed (2021).

4.6.2. Quality Index Test Results

To determine the feasibility of a research model, a Quality Index test can be used that utilizes the feasibility formula or the Goodness of Fit (GoF) Index. Before looking for the GoF Index value, we need to first find the average value of the Average of Communalities Index which we can find in the Average Variances Extracted (AVE) value.

$$\overline{Com} = \frac{0,505 + 0,502 + 0,569 + 0,727}{4} = 0,5758$$

After finding the average value of Communalities, the next step is to find the average value of the coefficient of determination or R-Square Adjusted.

$$\overline{R^2} = \frac{0,558 + 0,606 + 0,579}{3} = 0,581$$

With these two components, the GoF index value can be found by entering the two means in the equation below.

$$GoF = \sqrt{\overline{Com} \times \overline{R^2}} = \sqrt{0,5758 \times 0,581} = \sqrt{0,3345} = 0,578$$

The GoF index value obtained from this equation is 0.578. According to research conducted by Fornel & Larcker (1981), Cohen (1988), and Ghozali & Latan (2012), this value concludes that this research model is feasible to use because it exceeds the 'good' criterion of 0.36.

5. Discussion and concluding remarks

The independent variable of authentic leadership proved to have a significant positive effect on transparent organizational communication. The results of this study are in line with the results of research by Basit & Siddiqui (2020), Jiang & Luo (2018), and Men (2014). Previous studies have stated that authentic values in leadership that run in companies have a strong influence on the creation of a transparent organizational communication atmosphere. The results of this study are due to the real practice of authentic leadership in companies in Batam which encourages a transparent atmosphere of communication within the company. Vice versa, respondents who feel that their leader is not authentic stated that there is no transparency in corporate communications. On the other hand, authentic leadership has also been shown to have a significant positive effect on employee trust, both in leaders and in the company. The companies in Batam with authentic value in performing his leadership received feedback (feedback) a positive form of employee trust their leaders and the companies they work for. This proves the results of Jiang & Luo (2018), at the same time, the results of this study test the findings of Basit & Siddiqui (2020) which states that there is no significance between the two variables above.

Employee trust is not significantly affected by authentic leadership alone, but by transparent organizational communication as well. In relation, this significant effect occurs because when employees feel that information related to the company they can access well through transparent company communications, and the quality of the information is accurate and reliable, employees in companies in Batam feel they can trust the company they work for. they work and their leaders. The causal relationship is by following per the theory proposed by Menguc et al., (2013), Bakker & Demeroutti (2014), and Saks (2006).

In this research model, the dependent variable of employee welfare is directly and significantly influenced by authentic leadership, transparent organizational communication, and employee trust. Authentic leadership builds employee welfare because by looking at leaders in companies who have authentic values, employees feel safe and prosperous and can work better. The same view has been

stated previously in studies by Adil & Kamal (2016), Rahimnia & Sharifirad (2015), and Nelson et al. (2014). Meanwhile, transparent organizational communication creates employee welfare through a transparent communication process within the company. This transparency invites employees to get involved together, process information, and distribute information within the company. By knowing this information, employees feel they understand the current condition of the company. This conclusion has also been stated previously in the research of Adil & Kamal (2016), Jiang & Men (2017). The cause of the creation of employee welfare by employee trust is because employees have confidence in the attention and care of the company where they work, as well as their leaders, making employees feel happy at work. Research conducted by Guest (2017), Arnold (2017), and Kelloway et al. (2012) proves this.

The results in this study prove that authentic leadership has a significant influence on employee welfare. Authentic leadership encourages a conducive atmosphere because employees feel better and more valuable which is part of psychological well-being. Likewise, transparent organizational communication will encourage the creation of employee welfare. A transparent communication process will encourage the right decision making. In this study, the researcher included the mediating element of the trust variable. Based on statistical data, the presence of this variable will increase the relationship between authentic leadership and transparent organizational communication on employee welfare with a greater positive impact, compared to not including this variable in the study. This employee trust is the basis for creating employee psychological well-being. This research was conducted on middle-class companies in industrial cities, namely Batam City, which is a multiethnic area. The results of this study are very useful in the form of theoretical development. As well as managerial implications, especially how companies optimize authentic leadership and transparent organizations in promoting employee welfare.

The mediating factor in this study is influenced by employee trust in the relationship between authentic leadership and transparent organizational communication on employee welfare. The mediation effect is significant because the efforts of companies in Batam to foster employee trust through authentic company leadership and transparent organizational communication have resulted in the welfare of employees in the companies where they work. This study also proves that companies that are not able to gain employee trust cannot create employee welfare in the workplace. This evidence is consistent with the results of research by Jiang & Luo (2018), Vogelgesang et al. (2013).

Regarding future research, several things are suggested by the researchers to obtain more comprehensive research results, as follows: 1) Exploration of other factors that shape employee welfare is highly recommended. There is room for other factors that have not been described in this study; 2) In data collection, techniques or methods that are more personal are highly recommended to ensure the respondent's understanding of the questions asked. In addition, it is recommended to use grammar that is easier to understand, especially in analyzing the psychological well-being of the respondents; 3) research by focusing on the organizational relationship between superiors and employees (top-down) can be done as exploratory research as a development of the research that has been done above.

In running a business, entrepreneurs should design strategies to create an authentic leadership culture within the company and transparent organizational culture of communication. Both cultures have been shown to have a direct effect on employee welfare significantly. Not only these two cultures, but employers are also advised to build a culture of trust within the company by showing that the company pays attention to its employees, treats its employees well and fairly, and considers the welfare conditions of employees. Thus, the employee's sense of confidence in the leader who has been placed above him will grow in tandem with the trust in the company where they work. This trust breeds employee well-being in the workplace and encourages employees to work better.

Acknowledgment

Research Fund Assistance Contract at Universitas Internasional Batam - Indonesia (collaboration of lecturers and students), Contract number: 183/LPPM/KP-UIB/VIII/2021 on August 16, 2021.

References

- Adil, A., & Kamal, A. (2016). Impact of psychological capital and authentic leadership on work engagement and job-related affective well-being. *Pakistan Journal of Psychological Research*, 31(1), 1-21.
- Albu, O.B., & Wehmeier, S. (2014). Organizational Transparency and Sense-Making: The Case of Northern Rock. *Journal of Public Relations Research*, 26(2), 117-133. <https://doi.org/10.1080/1062726X.2013.795869>
- Arnold, K.A. (2017). Transformational leadership and employee psychological well-being: A review and directions for future research. *Journal of Occupational Health Psychology*, 22(3), 381-393. <https://doi.org/10.1037/ocp00000062>
- Bakker, AB, & Demerouti, E. (2014). Job Demands-Resources Theory. *Wellbeing, III*, 1-28. <https://doi.org/10.1002/9781118539415.wbwell019>
- Bamford, M., Wong, C.A. & Laschinger, H. (2013). The influence of authentic leadership and areas of worklife on work engagement of registered nurses. *Journal of Nursing Management*, 21 (3), 529–540. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2012.01399.x>
- Basit, A., & Siddiqui, D.A. (2020). Authentic Leadership and Openness to Change in Pakistani Service Industry: The Mediating Role of Trust and Transparent Communication. *International Journal of Human Resource Studies*, 10(3), 291. <https://doi.org/10.5296/ijhrs.v10i3.17318>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Deloitte Indonesia Perspectives (2019, September). PT. Deloitte Consultants Indonesia. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/id/Documents/about-deloitte/id-about-dip-edition-1-chapter-4-id-sep2019.pdf>
- Fombrun, C., & Rindova, V. (2000). The Road to Transparency: Reputation Management at Royal Dutch/Shell. *The Expressive Organization*, 7, 7-96.
- Fornell, C., & Larcker, D.F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39. <https://doi.org/10.2307/3151312>
- Gallup (2016). *How Millenials Want to Work and Live*. <https://enviableworkplace.com/wp-content/uploads/Gallup-How-Millennials-Want-To-Work.pdf>
- Ghozali, I. (2011). *Multivariate Analysis Application with SPSS Program*. Semarang: Diponegoro University Publishing Agency.
- Ghozali, I., & Latan, H. (2012). *Partial Least Square: Concepts, Techniques, and Applications of SmartPLS 2.0 M3*. Semarang: Diponegoro University Publishing Agency.

- Gower, K. K. (2006). *Truth and transparency*. In K. Fitzpatrick & C. Bronstein (Eds.), *Ethics in public relations* (pp. 89-105). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Guest, D.E. (2017). Human resource management and employee well-being: towards a new analytic framework. *Human Resource Management Journal*, 27(1), 22-38. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12139>
- Hair, J.F., Ringle, C.M., Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 37-41. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>
- Hansen, S.D., Dunford, B.B, Boss, A.D., Boss, R.W., & Angermeier, I. (2011). Corporate Social Responsibility and the Benefits of Employee Trust: A Cross-Disciplinary Perspective. *Journal of Business Ethics*, 102(1), 29-45. <https://doi.org/10.1007/s10551-011-0903-0>
- Heald, D. (2006). Varieties of Transparency. *Proceedings of the British Academy*, 135, 24-43. <https://www.davidheald.com/publications/Healdvarieties.pdf>
- Hon, L., & Grunig, J.E. (1999). *Guidelines for Measuring Relationship in Public Relations*. The Institute For Public Relations - University of Florida
- Jahansoozi, J. (2006). *Public Relations: Critical Debates and Contemporary Practice* (J. L'Etang & M. Pieczka, eds.). Psychology Press.
- Jena, L.K, Pradhan, S., & Panigrahy, N.P. (2018). Pursuit of organizational trust: Role of employee engagement, psychological well-being, and transformational leadership. *Asia Pacific Management Review*, 23(3), 227-234. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.11.001>
- Jiang, H., & Luo, Y. (2018). Crafting employee trust: from authenticity, transparency to engagement. *Journal of Communication Management*, 22(2), 138-160. <https://doi.org/10.1108/JCOM-07-2016-0055>
- Jiang, H., & Men, R.L. (2017). Creating an Engaged Workforce: The Impact of Authentic Leadership, Transparent Organizational Communication, and Work-Life Enrichment. *Communication Research*, 44(2), 225-243. <https://doi.org/10.1177/0093650215613137>
- Kelloway, E.K, Turner, N., Barling, J., & Loughlin, C. (2012). Transformational leadership and employee psychological well-being: The mediating role of employee trust in leadership. *Work and Stress*, 26(1), 39-55. <https://doi.org/10.1080/02678373.2012.660774>
- Liu, J., Siu, O., & Shi, K. (2010). Transformational Leadership and Employee Well-Being: The Mediating Role of Trust in The Leader and Self-efficacy. *Applied Psychology: An International Review*, 59, 454-479. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1464-0597.2009.00407.x>
- Men, L.R. (2014). Internal reputation management: The impact of authentic leadership and transparent communication. *Corporate Reputation Review*, 17(4), 254-272. <https://doi.org/10.1057/crr.2014.14>
- Menguc, B., Auh, S., Fisher, M., & Haddad, A. (2013). To be engaged or not to be engaged: The antecedents and consequences of service employee engagement. *Journal of Business Research*, 66(11), 2163-2170. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.01.007>
- Nelson, K., Boudrias, JS, Brunet, L., Morin, D., De Civita, M., Savoie, A., & Alderson, M. (2014). Authentic leadership and psychological well-being at work of nurses: The mediating role of work climate at the individual level of analysis. *Burnout Research*, 1(2), 90-101. <https://doi.org/10.1016/j.burn.2014.08.001>

- Neider, L.L., & Schriesheim, C.A (2011). The Authentic Leadership Inventory (ALI): Development and empirical tests. *The Leadership Quarterly*, 22(6), 1146-1164. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2011.09.008>
- Norman, S.M., Avolio, B.J., & Luthans, F. (2010). The impact of positivity and transparency on trust in leaders and their perceived effectiveness. *Leadership Quarterly*, 21(3), 350-364. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2010.03.002>
- Rahimnia, F., & Sharifirad, M.S. (2015). Authentic Leadership and Employee Well-Being: The Mediating Role of Attachment Insecurity. *Journal of Business Ethics*, 132(2), 363-377. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2318-1>
- Rawlins, B. (2008). Measuring the Relationship Between Organizational Transparency and Trust. *Roles and Scopes of Public Relations*, 2(2), 1-21.
- Robertson, I.T., & Cooper, C.L. (2010). Full engagement: The integration of employee engagement and psychological well-being. *Leadership and Organization Development Journal*, 31(4), 324-336. <https://doi.org/10.1108/01437731011043348>
- Russell, B. (1930). *The Conquest of Happiness*. Great Britain: George Allen & Unwin.
- Sánchez-López, M.D.P., & Dresch, V. (2008). The 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12): Reliability, external validity and factor structure in the Spanish population. *Psicothema*, 20(4), 839-843.
- Saks, A.M. (2006). Antecedents and consequences of employee engagement. *Journal of Managerial Psychology*, 21(7), 600-619. <https://doi.org/10.1108/02683940610690169>
- Schabracq, M.J., & Cooper, C.L. (1997). Flexibility of labor, well-being, and stress. *International Journal of Stress Management*, 4(4), 259-274. <https://doi.org/10.1023/B:IJSM.0000008706.13737.49>
- Sigit, H., & Amirullah, A. (2016) *Metode Penelitian Bisnis Pendekatan Kuantitatif & Kualitatif*. Media Nusa Creative, Malang.
- Statistics Indonesia (2017). *Statistics Indonesia 2017: Statistical Yearbook of Indonesia*. <https://www.bps.go.id/publication/2017/07/26/b598fa587f5112432533a656/statistik-indonesia-2017.html>
- Tapscott, D., & Ticoll, D. (2003). *The Naked Corporation: How the Age of Transparency Will Revolutionize Business*. Simon and Schuster.
- Urieși, S. (2019). The effects of work stress and trust in managers on employee turnover intentions. *CES Working Papers*, XI(3), 211-222.
- Vogelgesang, G.R., Leroy, H., & Avolio, B.J. (2013). The mediating effects of leader integrity with transparency in communication and work engagement/performance. *Leadership Quarterly*, 24(3), 405-413. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2013.01.004>
- Walumbwa, F.O., Avolio, B.J., Gardner, W.L., Wernsing, T.S., & Peterson, S.J. (2008). Authentic leadership: Development and validation of a theory-based measure. *Journal of Management*, 34(1), 89-126. <https://doi.org/10.1177/0149206307308913>

- Wright, T.A., & Cropanzano, R. (2000). Psychological well-being and job satisfaction as predictors of job performance. *Journal of Occupational Health Psychology, 5*(1), 84-94. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.5.1.84>
- Wu, W., Rafiq, M., & Chin, T. (2017). Employee well-being and turnover intention: Evidence from a developing country with Muslim culture. *Career Development International, 22*(7), 797-815. <https://doi.org/10.1108/CDI-04-2017-0072>
- Yang, J., Pu, B., & Guan, Z. (2019). Entrepreneurial leadership and turnover intention of employees: The role of affective commitment and person-job fit. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph16132380>
- Yue, C.A., Men, L.R., & Ferguson, M.A. (2019). Bridging transformational leadership, transparent communication, and employee openness to change: The mediating role of trust. *Public Relations Review, 45*(3), 1-41. <https://10.1016/j.pubrev.2019.04.012>



Improving Working Readiness through Mastering Soft Skills: Empirical Evidence from University Students in Indonesia

INGSIH, KUSNI

Universitas Dian Nuswantoro (Indonesia)

Correo electrónico: kusni.ingsih@dsn.dinus.ac.id

SUHANA SUHANA

Universitas Stikubank (Indonesia)

Correo electrónico: suhana@edu.unisbank.ac.id

ABSTRACT

The current study aims to examine and analyze the effect of soft skills on working readiness. Respondents of the current study were active students from several universities in Indonesia. The sampling technique used is non-probability sampling, namely convenient sampling. Data analysis were performed using multiple linear regression. The results show that learning throughout life skills, creativity, teamwork skills, and leadership skills significantly influence on working readiness. Meanwhile, problem-solving skills, communication skills, and ethics have no significant effect on working readiness. The results of the current study provide a theoretical contribution regarding the relationship between soft skills and working readiness. Future research is urgent to conduct to provide a clearer picture of the relationship between soft skills and working readiness. The current research gives students awareness to improve their soft skills. The study also provides a managerial contribution for universities to formulate the concept of developing soft skills for their students.

Keywords: soft skills; working readiness; university students.

JEL classification: I23, J24, J81.

MSC2010: 00A99.

Mejorar la preparación para el trabajo a través del dominio de las habilidades blandas: evidencia empírica de estudiantes universitarios en Indonesia

RESUMEN

El estudio actual tiene como objetivo examinar y analizar el efecto de las habilidades blandas en la preparación para el trabajo. Los encuestados del estudio actual eran estudiantes activos de varias universidades de Indonesia. La técnica de muestreo utilizada es el muestreo no probabilístico, es decir, el muestreo por conveniencia. El análisis de datos se realizó mediante regresión lineal múltiple. Los resultados muestran que el aprendizaje a lo largo de la vida, la creatividad, las habilidades de trabajo en equipo y las habilidades de liderazgo influyen significativamente en la preparación para el trabajo. Mientras tanto, las habilidades para resolver problemas, las habilidades de comunicación y la ética no tienen un efecto significativo en la preparación para el trabajo. Los resultados del presente estudio proporcionan una contribución teórica sobre la relación entre las habilidades blandas y la preparación para el trabajo. Es urgente realizar investigaciones futuras para proporcionar una imagen más clara de la relación entre las habilidades blandas y la preparación para el trabajo. La investigación actual da a los estudiantes la conciencia para mejorar sus habilidades blandas. El estudio también proporciona una contribución de gestión para que las universidades formulen el concepto de desarrollo de habilidades blandas para sus estudiantes.

Palabras clave: habilidades blandas; preparación para el trabajo; estudiantes universitarios.

Clasificación JEL: I23, J24, J81.

MSC2010: 00A99.



1. Introduction

Youth unemployment, aged 15-24, is a global issue. This age segment of the workforce shows three times more than the older age workforce (Ibrahim & Mahyuddin, 2017). One of the reasons for the emergence of the phenomenon is the mismatch between the training obtained by students at the university and the set of skills needed in the world of work. However, university institutions face challenges of competitiveness derived from the demands of society, changes in students preferences, and technological evolution. Adapting with the changes is mandatory for universities to be competitive (Enrique et al., 2022). Unfortunately, most of the curricula in universities do not reflect the skills required today (Shanmugam, 2017). Related to the indication, Clarke (2017) states that one of the most exciting and controversial themes in the higher education management literature is the quality of graduates and the lack of soft skills. The indication is supported by MacDermott and Ortiz (2017) stating that many graduates do not possess the softskills needed to be successful in the workforce. Employers seek softskills, among others, communication, teamwork and critical thinking (Schneider, 2015)

In today's fully automated era, the work readiness skills needed by graduates have changed, from skills that are more technical, to skills that are more social (softer in nature) (Kahn, 2017). In other words, the change in skill focus from hard skills development to soft skills development (Turner & Mulholland, 2017). Hardskill refers to skills related to the technical aspects of doing a job. This includes knowledge acquisition (Page, Wilson & Kolb, 1993). Hard skills are cognitive and are often associated with cognitive skills (Birkett, 1993). At the same time, soft skills refer to skills emphasizing personal behavior in managing interpersonal relationships (interpersonal). According to Clarke (2016), softskills are associated to interacting with other people and demonstrating social skills, including confidence and self-reflection. These skills are more effective or behavioral and are often associated with emotional intelligence.

Furthermore, Jameson et al. (2016) define soft skills as skills, abilities, and traits related to personality, attitude, and behavior. Soft skills are often associated with interacting with others and demonstrating social skills, including self-confidence and self-reflection (Jameson et al., 2016). At the same time, a previous research conducted by Ranjit and Wahab (2008) found that the top 10 soft skills based on user ratings of graduates in Malaysia, are integrity, willingness to learn, communication skills, initiative, achievement orientation, teamwork skills, interpersonal skills, flexibility, high self-esteem, and critical thinking skills. The orders and types of skills required for graduates in other countries will be various. In the U.K., the main attributes of these generic skills include willingness to learn skills, interpersonal skills, personal details such as intellectual skill, problem-solving skill, analytical and critical skills, communication skills, teamwork, flexibility, adaptability, and risk-taking skills.

Although the skills above are essential to master, it does not mean that hard skills are no longer critical ones. In the era of digital disruption, graduates must have multi-skilled, social skills combined with technical skills (Sail & Alavi, 2010). The indication is in line with Tomlinson (2012) that nowadays, graduates cannot solely rely on their higher education qualifications, while graduates do not have good adaptability and flexibility to enter in the labor market. To be competitive, graduates need to develop and master a combination of skills, hard and soft skills (Clarke, 2017). Meanwhile, according to the latest study by Development Economics Ltd (2015), the company indicated a gap in soft skills mastery in the UK workforce. Given the global nature of the problem, similar phenomena are also found in other parts of the world, including Indonesia.

Research on the importance of soft skills on the prospects of graduates' readiness to enter the world of work and academic performance has been carried out previously (Teng et al., 2019; Jameson et al., 2016; Pool & Sewell, 2007; Coetzee & Beukes, 2010). However, these researches are not sufficient yet. It is relevant to Balcar (2016) statement that in the last few decades, most research has focused on technical skills/hard skills. Meanwhile, the investigation of soft skills competence is still minimal (Ciappei & Cinque, 2014). The condition is, of course, surprising. Amid increasing importance of soft skills for graduates (Archer & Davison, 2008; Deloitte, 2017), the focus of research on the subject is still limited.

The study aimed to examine and analyze the effect of soft skills on the readiness of graduates to enter the world of work. The dimensions of soft skills used in the current study include problem-solving skills, learn throughout life skills, creativity, communication, teamwork, ethics, and leadership. The reason for choosing these seven dimensions is that from the findings of previous studies, these seven dimensions of soft skills have a significantly positive effect on working readiness. It is hoped that the results of the current study provide empirical support for the consequences of previous studies. Thus, the theoretical building of the relationship between soft skills and working readiness can be more clearly described.

2. Methodology

The current research is an explanatory one. It tests hypotheses to support the proposed model. The results of the current study are to strengthen the theory used. The study uses primary data, namely questionnaires. At the same time, secondary data is data obtained from indirect sources from the object of research. Data collection methods used in the study include primary data collection from questionnaires distributed to selected respondents. The questionnaire in the study used a Likert scale, a score of 1-7.

The population of the study was all university students in Semarang, Central Java, Indonesia. The research sample is part of the existing population. The sample of the research is 185 respondents. Based on the data, the respondents participating in the research are 185 students. Of 185 respondents, 133 (71,4%) are female, and 52 (28,6%) are male. The distribution of questionnaires cover 5 faculties as follows: 72 (38,9%) from business faculty, 65 (35,1%) from computer faculty, 42 (22,7%) from health faculty and 6 (3,3%) from technique faculty. The sampling technique is non-probability sampling, that not all populations have the same opportunity to be sampled. The reason the researcher uses the technique is because of the homogeneous nature of the population. One of the non-probability sampling techniques is convenient sampling, a technique for collecting data that is easy to obtain. The data contained in the study will be processed using multiple linear regression.

Table 1. Inter-Item Correlation Matrix.

	PSSkill	LnSkill	Creativity	ComSkill	TWSkill	Ethics	LeadSkill	WR
PSSkill	1.000	.357	.343	.513	.202	.228	.403	.328
LnSkill	.357	1.000	.446	.452	.470	.383	.573	.495
Creativity	.343	.446	1.000	.545	.327	.330	.441	.428
ComSkill	.513	.452	.545	1.000	.368	.315	.572	.450
TWSkill	.202	.470	.327	.368	1.000	.377	.468	.440
Ethics	.228	.383	.330	.315	.377	1.000	.317	.336
LeadSkill	.403	.573	.441	.572	.468	.317	1.000	.537
WR	.328	.495	.428	.450	.440	.336	.537	1.000

Note: The table value is 0.1222.

WR: Working Readiness

ComSkill: Communication skill

PSSkill: Problems Solving Skill

TWSkill: Teams Work Skill

LnSkill: Learn throughout life Skill

Ethics: Ethics

Creativity: Creativity

LeadSkill : Leadership Skill

Source: Own elaboration.

Based on all the data in the WR (working readiness) column or WR row, it is known that the value in the WR column or row is less than the table value of 0.1222. This means that all independent variable items are valid.

Table 2. Reliability Statistics.

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items
.839	.847

Source: Own elaboration.

For reliability test, it is indicated that the value of Cronbach's alpha is 0.839 which is greater than 0.7. Thus, the research questionnaire is reliable.

3. Results and discussion

Table 3. Model Summary.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. An Error of the Estimate
1	.630 ^a	.397	.373	.26429

a. Predictors: (Constant), LeadSkill, Ethics, PSSkill, Creativity, TWSkill, LnSkill, ComSkill
Source: Own elaboration.

Based on the table data, it is known that the adjusted R Square value is 0.373. It indicates that the independent variables (var. PSSkill, LnSkill, Creativity, ComSkill, TWSkill, Ethics, LeadSkill) can explain the dependent variable (WR) of only 37.3%. The rest 62.7% is influenced by other variables not studied in the research.

Based on the ANOVA table data, it is known that the Sig value is 0.000 less than 0.05. It means that the variables PSSkill, LnSkill, Creativity, ComSkill, TWSkill, Ethics, and LeadSkill togetherly affect the WR variable. Thus the model fits and can be used for further analysis.

Table 4. ANOVA^a.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8.135	7	1.162	16.638	.000 ^b
	Residual	12.363	177	.070		
	Total	20.499	184			

a. Dependent Variable: WR.

b. Predictors: (Constant), LeadSkill, Ethics, PSSkill, Creativity, TWSkill, LnSkill, ComSkill.
Source: Own elaboration.

Table 5. Coefficients^a.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	T	Sig.
1	(Constant)	1.751	.214		8.180	.000
	PSSkill (PS)	.027	.037	.050	.722	.471
	LnSkill (Ln)	.107	.054	.154	1.978	.049
	Creativity (Cr)	.090	.053	.125	1.701	.091
	ComSkill (Com)	.041	.047	.072	.870	.386
	TWSkill (TW)	.104	.048	.152	2.148	.033
	Ethics (Et)	.047	.046	.069	1.038	.301
	LeadSkill (Ld)	.145	.049	.239	2.944	.004

a. Dependent Variable: WR.

Source: Own elaboration.

Based on the coefficients table data, especially in the eta column, the regression equation is:

$$Y = 1.751 + 0.027PS + 0.107Ln + 0.090Cr + 0.041Com + 0.104TW + 0.047Et + 0.145Ld \quad [1]$$

H₁: X₁ → WR, sign. value 0.471 is greater than 0.05 then hypothesis 1 is rejected

H₂: X₂ → WR, sign. value 0.049 is less than 0.05 then hypothesis 2 is accepted

H₃: X₃ → WR, sign. value 0.091 is less than 0.10 then hypothesis 3 is accepted

H₄: X₄ → WR, sign. value 0.368 is greater than 0.05 then hypothesis 4 is rejected

H₅: X₅ → WR, sign. value 0.033 is less than 0.05 then hypothesis 5 is accepted

H₆: X₆ → WR, sign. value 0.301 is greater than 0.05 then hypothesis 6 is rejected

H₇: X₇ → WR, sign. value 0.004 is less than 0.05 then hypothesis 7 is accepted

The study examines and analyzes the effect of soft skills with seven dimensions: problem solving skills, learn throughout life skills, creativity, communication, team work, ethics and leadership on working readiness. From results of the study, it is known that of the seven hypotheses proposed in the study, four hypotheses were accepted and the other three were rejected. The four accepted hypotheses include: learn throughout life skills, creativity, teamwork and leadership. Notes for the creativity variable are accepted with a significance number below 0.10. Meanwhile, the three rejected variables include: problem solving, communication and ethics.

The problem solving variable has no significant effect on working readiness. Respondents who are students do not perceive problem solving skills as one of the important skills to be prepared in entering the job market. It can be caused by respondents who incidentally are students who have not been directly involved in the world of work. Students don't have real experience working in the business organization. In fact, daily life of work organizations, employees will be faced with many problems that must be solved. In the context, employee problem solving skills are important. The effectivity of organizational performance will be influenced by the capability of employees of organization in solving each problem of organization. From users perspective, mastering problem solving skills will be pivotal condition in recruiting the candidates. The indication is empowered by many previous research findings

The research findings of Adnan et al. (2012) regarding the importance of soft skills for graduates of real estate programs in Malaysia showed that problem solving skills are important skills to be mastered. The other research finding showing that problem solving skills are very important for entering world of work is Ranjit and Wahab (2008) research. Problem solving skill are in the top rank of level of importance. The difference research findings about the effect of problem solving skills and working readiness are caused by different respondents perspective. Researches with students as respondents indicate that problem solving skills have no effect to working readiness. While researches with users as respondents show that problem solving skills have significant effect to working readiness. The findings will give important input for higher education institutions, users, as well as students. Students should change their paradigm to cope the matter.

While the second hypothesis regarding the effect of learn throughout life skills on working readiness is accepted. It indicates that respondents perceive that learning throughout life skills is an important skill to master. By mastering these skills, graduates will be better prepared to enter the job market. Life skills constitutes a group of psychosocial competencies and interpersonal skills helping people to cope with the life problems. Essentially the life of business organization and the daily life of human being commonly will be similar. The competencies needed to be successful in both will not be really different. The employee performance will be okay if he has good life skill. He quickly learns life skill from the environment. He has good flexibility in coping with the problems appearing in organization. Such figure will be more ready to enter world of work.

For the third hypothesis, the result showed that creativity has significant effect to working readiness. The finding indicates that the respondents suppose creativity as an important skill that must be mastered by graduates to be successful in entering the world of work. Having good creativity, an employee will be able to overcome organizational problems from many perspectives. He always thinks out of the box. There are always many ways to cope with organizational problems. Such competency will be needed by organization. From users's perspective, they tend to recruit the candidates having high creativity skills.

The result of the study is in line with the research findings of Azmi et al. (2018) which examined work readiness of students in Malaysia. Respondents were 300 students. The research is motivated by the phenomenon of low absorption of university graduates in the first six months of graduation. The results showed that respondents perceive creativity as one of the variables that have an important role in preparing graduates to enter the world of work. The other research concerning creativity and working readiness is conducted by Teng, Ma, Pahlevansharif and Turner (2018). Respondents were 361 students in two universities, one in China and the other in Malaysia. Goldsmiths soft skills inventory is used. Creativity is one of soft skill in Goldsmiths inventory. The result shows that there is significant relationship between creativity and working readiness for students. Higher education institutions need to set their curricula to accommodate creativity skill. At the same time, students should be aware about the importance of the skill for them to master.

The fourth hypothesis is the influence of communication skills on working readiness. The results show that communication has no effect on working readiness. Respondents do not think that communication skill is as an important skill to enter the world of work. The finding is rather surprising amid the previous research findings showing that communication skill has significant effect to working readiness. The finding can be explained that most of the respondents are accounting students. Commonly accounting students tend showing calm performance. They don't prioritize communication skill. It is logical that everyday they will be related with numbers. It needs seriousness and concentration. From their daily habit, it will influence their paradigm in ranking the soft skills inventories. The indication is proved by many empirical findings. However, the finding is not in line with the research finding of Ting et al. (2017) that communication skills can increase employability and opportunities for career advancement.

Research findings of Teng et al. (2019), Adnan et al. (2012) show that communication skill is one of the important skills to be mastered. While the findings of other studies (Majid et al., 2012) that

certain skills that are important to master will also depend on certain types of respondents. Based on the existing literature, the level of use of soft skills required by job category is the highest for marketing executives and the lowest for accountants. However, it does not mean that accounting graduate scope of jobs is just limited to back office. There are so many accounting graduates filling strategic position within organizations.

The fifth hypothesis is about the effect of teamwork on working readiness. The fifth hypothesis is accepted. It means that respondents perceive teamwork skills as important skills. They believe that teamwork skills will make it easier for them to enter the world of work. By having good teamwork, one can cooperate with others without any conflict. An organization will get much benefit when recruiting the candidates with good teamwork. In fact, almost all kinds of works in the organization need cooperation among the members of team. From users's perspective, he will tend recruiting graduates with good teamwork.

The results of the study support the research findings of Azmi et al. (2018) which examined the work readiness of students in Malaysia. The research findings also indicate that female students perceive teamwork as an important skill. The indication is in line with the current study that the majority of respondents are female students. The finding supports the results of Ang's (2015) research that female students in general tend to be more informed about the skills needed by the industry.

The results of the research by Majid et al. (2012) also support the finding. With 188 respondents from 4 universities in Singapore, the results indicate that the majority of respondents feel that soft skills are useful for social interaction and also for career development. One of the important skills to be mastered according to the results of the study is teamwork and collaboration. It is a fact that most of jobs in the organizations need teamworking. Though certain job can be accomplished individually, commonly they need teamworking. Based on the finding, higher education institutions and university students should be aware of the importance of teamworking. Higher education institutions can facilitate teamworking improvement through class management. Students are trained to work in team in finishing assignment in group, discussing topics of lecture through group presentation. Students can also improve their teamworking skill through joining extra campus activities. They are trained to plan, manage dan implement programs fixed. The success of teamworking will support the success of the programs.

The sixth hypothesis is about the effect of ethics on working readiness. The research finding indicates that ethics has no effect on working readiness. It means that students perceive ethics as an attitude that has no effect on working readiness. Like other skills, for instance: problem solving skills, ethics will not be seen as skill that is urgent to master by students. It is really different with users' perspective that ethics will be very important skill to master. It will make organizational life conducive to perform better. The indication is supported by many previous research findings.

The findings of research by Ranjit and Wahab (2008) indicate that ethics & professionalism and critical thinking and problem solving are the top skills sought by companies in Malaysia. Similar results were found in the research of Adnan et al. (2012) regarding the importance of soft skills for graduates of real estate programs in Malaysia. The results showed that ethics and professionalism were ranked the highest and problem solving was the next. From the findings, it can be concluded that the respondents' points of view are different, in this case students and graduate users will have different, even contradictory, perceptions.

The seventh hypothesis is about the influence of leadership on working readiness. The research finding shows that leadership skills have a significant influence on working readiness. Respondents perceive leadership skills as a skill that helps them enter the world of work. Good leadership will guarantee the candidates to be able to cope with organizational problems. One can affect others to follow his opinion. He can motivate others to gain their top performance. Students can learn leadership skill through many campus activities as well as extra campus activities. By having good leadership, candidates will have more opportunities to develop their best career in an organization.

The finding is in line with the research results of Majid et al. (2012) that leadership skills are important skills to be mastered. Another finding shows that the majority of respondents agree that soft skills are very important for career advancement, it is very important to find a better job.

Meanwhile, Teng et al. (2019) conducted research on the readiness of graduates to enter the workforce in the 4:0 industrial revolution era. The research respondents were 361 students from two universities, one in China and the other in Malaysia. For soft skills, the research uses Goldsmiths soft skills inventory. According to him, soft skills include: self-management, communication, teamwork, interpersonal, working under pressure, imagination/creativity, critical thinking, readiness to learn, attention to detail, planning, responsibility, insight, professionalism, maturity and emotional intelligence. The findings show that there is a significant relationship between the 15 soft skills above on student readiness to enter the workforce.

Succi and Canovi (2019) researched soft skills to increase graduate uptake in the job market, from the perceptions of students and graduate users. The results showed that communication skills, commitment to work and teamwork were the three highest skills perceived by students to increase absorption into the job market. Meanwhile, Andrews and Higson (2008) who researched the job readiness of graduates in four European countries found that teamwork skills, innovative thinking, as well as oral communication skills are an important part of the graduate portfolio. Meanwhile, for life balance skills, leadership and management are at the bottom. It may be that these skills were not considered important early in their career. This is relevant to the literature review that some research results distinguish between soft skills needed in early career, managerial and executive positions (Manpower Group, 2014). While the soft skills ranked by HRD managers first are professional ethics, adaptation to change, creativity and innovation, customer orientation and teamwork. Other findings also show that the top five soft skills that are considered the most important are communication skills, commitment to work, teamwork, learning, and stress tolerance. Top five according to students are: communication skills, commitment to work, teamwork, analytical, and stress tolerance. Meanwhile, top five according to the company are: teamwork, commitment to work, communication, learning and professional ethics and adaptation to change. From the findings of a number of researches regarding the dimensions of soft skills which are still varied, it indicates the need for further research to be conducted. It is hoped that further research can provide a clearer picture of the reasons for the variation in research results.

4. Conclusions

4.1. Theoretical Implications

The research has several theoretical and managerial implications. The results of the study contribute to building the theory of the relationship between soft skills and working readiness. Findings that are still varied indicate that further research is important to do. Future research findings are expected to be able to explain the various variations of existing findings.

4.2. Limitations and Future Directions

The study examines and analyzes the effect of various dimensions of soft skills on working readiness. The study succeeded in proving that learn throughout life skills, creativity, team work and leadership have a significant influence on working readiness. Meanwhile, the study failed to proving the effect of problem solving skills, communication and ethics on working readiness. The findings give indication concerning the importance of certainly mediating variable dealt with soft skills and working readiness relationship, such as: emotional intelligence variable as suggested by Ritter (2018).

The study has several limitations. The coefficient of termination of this study was 37.3%. It means that the ability of the independent variable in explaining the variation of the dependent variable

is very limited, around 37%. While more than 63% is explained by variables outside the study. Another limitation is that for the creativity variable the significance used is at the 10% level.

4.3. Practical Implications

Meanwhile, for managerial implications, the results of the study can be used as higher education management to formulate concepts on how to improve students' soft skills. The findings highlight the softskills that higher education need to emphasize so that their graduates have necessary skills to perform well in employment interviews and in their work. In the context, higher educations are important to embed soft skills into the curriculum in order to develop graduate work readiness. From the student's perspective, research findings can provide awareness to them to not only pursue hard skills but also soft skills.

References

- Adnan, Y.M., Daud, M.N., Alias, A., & Razali, M.N. (2012). Importance of softskills for graduates in the real estate programmes in Malaysia. *Journal of Surveying, Construction & property*, 3(2), 1-13. <https://ejournal.um.edu.my/index.php/JSCP/article/view/5806>.
- Andrews, J., & Higson, H. (2008). Graduate employability, Softskill versus hard Business Knowledge: A European Study. *Higher education in Europe*, 33(4), 411-422. <https://doi.org/10.1080/03797720802522627>
- Ang, M.C.H. (2015). Graduate employability awareness: a gendered perspective. *Procedia-social and behavioral sciences*, 211, 192-198. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.083>.
- Archer, W., & Davison, J. (2008). *Graduate Employability: What do employers think and want?* London: The Council for Industry and Higher Education.
- Azmi, I.A.G., Hashim, R.C., & Yusoff, Y.M. (2018). The employability skills of Malaysian University Students. *International Journal of Modern Trends in Social Sciences*, 1(3), 01-14. <http://www.ijmtss.com/PDF/IJMTSS-2018-03-09-01.pdf>
- Balcar J. (2016). Is it Better to Invest in Hard or Soft Skills? *Economics & Labour Relations Review*, 27(4), 453-470.
- Birkett, W.P. (1993). *Competency based standards for professional accountants in Australia and New Zealand, Melbourne, Australia*. Australian Society for Certified Practicing Accountants.
- Ciappei, C., & Cinque, M. (2014). *Softskill per il Governo Dell'agire*. Milano: Franco Angeli. <https://sites.google.com/site/crowontoudihydna8/9788891706072-51incomGEtiosol5>
- Clarke, M. (2016). Addressing the soft skills crisis. *Strategic HR Review*, 15(3), 137-139
- Clarke, M. (2017). Rethinking graduate employability: the role of capital, individual attributes and context. *Studies in Higher Education*, 43(11), 1923-1937. <https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1294152>
- Coetzee, M., & Beukes, C.J. (2010). Employability, emotional intelligence and career preparation support satisfaction among adolescents in the school-to-work transition phase. *Journal of psychology in Africa*, 20(3), 439-446. <https://doi.org/10.1080/14330237.2010.10820396>

- Delahoz-Domínguez, E., Zuluaga-Ortiz, R., Periñan-Luna, A., & Mendoza-Brand, S. (2022). A sigma approach to assessing the quality of higher education in Colombia. *Journal of quantitative methods for economics and business administration*, 33, 386-407.
- Deloitte (2017). *Global human capital trends*. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/human-capital-trends.html>
- Development Economics Ltd (2015). *The value of soft skills to the UK economy: a report prepared for McDonalds UK*. London: Development Economics.
- Ibrahim, D.H.M., & Mahyudin, M.Z. (2017). Youth unemployment in Malaysia: development and policy considerations. *Outlook and policy in 2017. Annual report 2016*, 99-106. https://www.bnm.gov.my/documents/20124/829203/cp04_003_box.pdf
- Jameson, A., Charty, A., McGuinness, C., McSweeney, F. (2016). Emotional intelligence and graduates-employer's perspectives. *Procedia-social and behavioral sciences*, 228, 515-522. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.079>
- Kahn, L.B. (2017). Demand for social and cognitive skills is linked to higher firm productivity. *Yale Insights*. <https://insights.som.yale.edu/insights/demand-for-social-and-cognitive-skills-is-linked-to-higher-firm-productivity>
- MacDermott, C., & Ortiz, L. (2017). Beyond the business communication course: A historical perspective of the where, why, and how of soft skills development and job readiness for business graduates. *The IUP Journal of Soft Skill*, 11(2), 9-24.
- Majid, S., Liming, Z., Tong, S., Raihana, S. (2012). Important of soft skills for education and career success. *International journal for cross-disciplinary subjects in education*, 2(2), 1036-1042. <https://infonomics-society.org/wp-content/uploads/ijcdse/published-papers/special-issue-volume-2-2012/Importance-of-Soft-Skills-for-Education-and-Career-Success.pdf>
- Manpower Group (2014). *Soft skills for talent, internal report*.
- Page, C., Wilson, M., & Kolb, D. (1993). *Managerial competencies and New Zealand manages: on the inside, looking in?* Auckland, New Zealand: Ministry of Commerce, Wellington [N.Z.].
- Pool, L.D., & Sewell, P. (2007). The key to employability: developing a practical model of graduate employability. *Eduation + Training*, 49(4), 277-289. <https://doi.org/10.1108/00400910710754435>
- Ranjit, S.M., & Wahab, A.B. (2008). *Your dream job: how to get it and excel*. Kuala Lumpur: TQM Consultants Sdn.Bhd. https://aiu.libcat.my/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=129447&shelfbrowse_itemnumber=120335
- Ritter, B.A. (2018). Designing management curriculum for workplace readiness: Developing students's soft skills. *Journal of Management Education*, 42(1), 80-103. <https://doi:10.1177/1052562917703679>
- Sail, R.M., & Alavi, K. (2010). Social skills and social values training for future workers. *Journal of European Industrial Training*, 34(3), 226-258. <https://doi.org/10.1108/03090591011031737>
- Schneider, C. (2015). *Falling short? College learning and career success*. Washington, DC: Hart Research Associates.

- Shanmugam, M. (2017). *Unemployment among graduates need to be sorted out fast*. <https://www.thestar.com.my/business/business-news/2017/03/25/unemployment-among-graduates-needs-to-sorted-out-fast/>
- Succi, C., & Canovi, M. (2019). Softskills to enhance graduate employability: comparing students and employers' perceptions. *Studies in Higher Education*, 45(9), 1834-1847. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1585420>.
- Teng, W., Ma, C., Pahlevansharif, S., & Turner, J. J. (2019). Graduate readiness for the employment market of the 4th industrial revolution. The development of soft employability skills. *Education + Training*, 61(5), 590-604. <https://doi.org/10.1108/ET-07-2018-0154>
- Ting, S., Marzuki, E. Chuah, K., Misieng, J., & Jerome, C. (2017). Employers's views on the importance of English proficiency and communication skill for employability in Malaysia. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 7(2), 315-327. <https://doi.org/10.17509/ijal.v7i2.8132>
- Tomlinson, M. (2012). Graduate employability: A review of conceptual and empirical themes. *Higher education policy*, 25(4), 407-431. <https://link.springer.com/article/10.1057/hep.2011.26>
- Turner, J.J., & Mulholland, G. (2017). Enterprise education: towards a framework for engaging with tomorrow's entrepreneurs. *Journal of Management Development*, 36(6), 1-16. https://rke.abertay.ac.uk/ws/portalfiles/portal/9172736/Mulholland_EnterpriseEducation_Author_2017.pdf



Teoría austriaca del ciclo económico aplicada al caso español: del inicio del euro a la gran recesión y su recuperación

ALONSO-NEIRA, MIGUEL A.

Universidad Rey Juan Carlos (España)

Correo electrónico: miguelangel.alonso@urjc.es

SÁNCHEZ-BAYÓN, ANTONIO

Universidad Rey Juan Carlos (España)

Correo electrónico: antonio.sbayon@urjc.es

CASTRO-OLIVA, MARCOS

Universidad Rey Juan Carlos (España)

Correo electrónico: castroolivamarcos@gmail.com

RESUMEN

Estudio de Economía Política, Macroeconomía y Economía Aplicada basado en el enfoque de la Escuela Austriaca sobre los ciclos económicos para aplicarlo al caso español (2002-2014). Se centra la atención en el problema endémico de los ciclos económicos, como periodos sucesivos y distorsionadores de auge y recesión que sufren las economías desarrolladas, como la española. Esta investigación busca encontrar evidencia empírica a favor de la *Teoría Austriaca del Ciclo Económico*, para el caso concreto de España entre 2002 y 2014, mediante la aplicación de métodos econométricos. En consecuencia, tras revisar la escasa literatura econométrica previa sobre el ciclo austriaco, este estudio tiene como principal objetivo el explicar e ilustrar el auge con la introducción efectiva del euro en 2002, la recesión de 2008-10 y la recuperación de 2014, a la luz de la teoría austriaca del ciclo monetario endógeno y no neutral.

Palabras clave: ciclo económico; política monetaria; macroeconomía basada en el capital; Escuela Austriaca; enfoques heterodoxos.

Clasificación JEL: B5, C58, E3, E4, E5, G2.

MSC2010: 12, 37, 91.

Austrian economic cycle theory applied to the Spanish case: from the begging of the euro to the great recession and its recovery

ABSTRACT

This is a research on Political Economy, Macroeconomics and Applied Economy, based on the Austrian Economics' approach over the economic cycles and applied to the Spanish case (2002-2014). Attention is focused on the endemic problem of economic cycles, such as successive and distorting periods of boom and recession that modern economies suffer, such as the Spanish economy. This is an inquire to find empirical evidence in favor of the Austrian Business Cycle Theory, for the specific Spanish case between 2002 and 2014, through the application of econometric methods. Consequently, after reviewing the scarce previous econometric literature on the Austrian cycle, this research has as its main objective to explain and illustrate the boom with the effective introduction of the euro in 2002, the recession during 2008-11 and the recovery in 2014, using the Austrian theory of the endogenous and non-neutral monetary cycle.

Keywords: economic and business cycle; monetary policy; capital-based Macroeconomics; Austrian Economics; Heterodox approaches.

JEL classification: B5, C58, E3, E4, E5, G2.

MSC2010: 12, 37, 91.



1. Introducción

El presente estudio tiene por objeto aplicar la teoría austriaca del ciclo económico (TACE) al caso español en el periodo 2002-14 (entre el auge vivido con la introducción del euro hasta la salida de la Gran Recesión), ilustrando así empíricamente la misma. Ello quiere decir que, aunque la explicación de la TACE tradicionalmente ha sido literaria (Mises, 1912, 1949; Hayek, 1929, 1931), en cambio, en esta ocasión, se va a hacer uso de datos reales y métodos econométricos, tal como ya adelantaran Machlup (1936, revisado por Hutchinson, 1956) y Garrison (2001). Se espera con este estudio dar a conocer mejor la TACE y su actualización, además de tender puentes con otros enfoques económicos, con sus teorías y modelos (Sánchez-Bayón, 2020 y 2022a, b; Sánchez-Bayón et al, 2022).

La TACE se integra dentro de las denominadas teorías del ciclo monetario, que rechazan el supuesto de neutralidad del dinero (ya sea a corto plazo o a corto y a largo plazo). No obstante, a diferencia de otros enfoques (Friedman, 1993; Lucas, 1972), se caracteriza por ser una teoría del ciclo de desequilibrio de carácter endógeno, desagregada y basada en el capital (Alonso, 2005; Alonso et al, 2011). La TACE expone que un aumento de la oferta monetaria, ya sea por parte del Banco Central (a través de las operaciones de mercado abierto) o por la banca comercial con reserva fraccionaria (que expanden el crédito vía del multiplicador bancario), sitúa el tipo de interés de la economía (la llamada tasa de interés de mercado o monetaria) por debajo de su nivel natural como consecuencia del “efecto liquidez” (Garrison, 2001). La denominación de tasa de interés natural procede de Wicksell (1898), quien la tomara de Böhm-Bawerk (1884 y 1888), correspondiéndose con la teoría austriaca sobre la tasa de rentabilidad del capital a largo plazo, que a su vez es reflejo de la tasa de preferencia temporal de los agentes económicos, por lo que no se ve afectada por factores monetarios (Garrison, 2006). Es importante tener en cuenta que la TACE se basa en la existencia y la importancia empírica del “efecto liquidez” (Keeler, 2001).

La reducción artificial de los tipos de interés está provocada por el incremento en la oferta de fondos prestables resultante de la expansión del crédito bancario, lo cual induce a los empresarios, que ahora pueden financiarse más barato, a aceptar préstamos de nueva creación e invertir en procesos de producción a largo plazo (más intensivos en tiempo y capital y, por tanto, más sensibles a las variaciones de los tipos de interés), ubicados en las etapas más alejadas del consumo, estimulados por el aumento en los precios de los bienes de capital que resulta de la disminución de los tipos de interés $(a_n = \frac{1}{i(1+i)^n} - \frac{1}{(1+i)^n})$.

Por otro lado, la disminución de los tipos de interés mueve a los agentes económicos a ahorrar menos y elevar su consumo presente. Este aumento del consumo también puede estar ocasionado en parte por las mayores disponibilidades monetarias fruto de la expansión crediticia.

La situación creada provoca serios problemas de percepción en los agentes económicos (Alonso, 2004), ya que la estructura productiva tiende a hacerse más intensiva en tiempo y capital, mientras aumenta la demanda de bienes de consumo inmediato, todo ello en un mundo con procesos de producción más indirectos financiados a tipos de interés artificialmente bajos, sin que exista un aumento previo del ahorro real (Hayek, 1931; Huerta de Soto, 1998). La situación parece ser la panacea, la abundancia de dinero barato induce a los empresarios a solicitar nuevos préstamos y a alargar aún más la estructura productiva, a la vez que las familias elevan su consumo también con cargo a endeudamiento (Sánchez-Bayón & Castro-Oliva, 2022 y 2023).. Sin embargo, la intervención en el mercado de fondos prestables crea una situación insostenible a largo plazo, pues se verifica una descoordinación intertemporal entre las decisiones de ahorro e inversión. En otras palabras, los empresarios invierten en proyectos de producción a largo plazo sufragándolos con préstamos obtenidos a tipos de interés reducidos, a la vez que los consumidores-ahorradores no rebajan su tasa de preferencia temporal (por tanto, no posponen su consumo presente para elevar su capacidad de consumo futuro). Más bien todo lo contrario, en un contexto de bajos tipos de interés, los consumidores deciden ahorrar menos y elevar su consumo presente recurriendo al endeudamiento. El desajuste entre las decisiones de ahorro e inversión conduce a un escenario de crecimiento insostenible inducido monetariamente.

Los primeros síntomas económicos que revelan la insostenibilidad de la situación creada por el desajuste intertemporal, inducido monetariamente, entre las decisiones de ahorro e inversión son:

1. Primero, se produce un aumento del precio del trabajo y de las materias primas. Los empresarios que se financian con crédito artificialmente barato requieren mano de obra para implementar sus procesos productivos en las etapas más alejadas del consumo, más rentables a corto plazo como consecuencia del aumento en el precio de los bienes de capital resultante del descenso artificial del tipo de interés monetario. Dado que se parte de una situación de pleno empleo de los recursos productivos, la única forma que tienen los empresarios de atraer a los trabajadores de las etapas más cercanas al consumo hacia aquellas más alejadas del mismo, es ofrecer unos salarios más altos, lo cual eleva los costes de los nuevos procesos de producción puestos en marcha (Machlup, 1931).
2. En segundo lugar, se produce un aumento en el precio de los bienes de consumo como resultado de una disminución en su oferta, ya que se ha detraído mano de obra de los procesos productivos más próximos al consumo y se ha desplazado hacia aquellos ubicados en etapas más alejadas. Además, estos últimos se han alargado y han surgido nuevos procesos de producción (aún más alejados del consumo final) más intensivos en tiempo y capital (por el efecto reajuste, Sánchez-Bayón et al., 2022), financiados por la expansión del crédito bancario. Esto da lugar a una estructura de capital cada vez más compleja. La unión de todo lo anterior hace que los bienes de consumo lleguen más lentamente al mercado, disminuya su oferta y aumente su precio (por el efecto descuento temporal, Garrison, 2001).
3. En tercer lugar, se aprecia un incremento relativo en los beneficios contables de las empresas más próximas al consumo. Dado que el precio de los bienes de consumo aumenta en términos relativos más que el precio del trabajo y de las materias primas y, sin embargo, el precio de los productos intermedios (bienes de capital) generados en las etapas más alejadas del consumo permanecen inalterados, los beneficios de las empresas más cercanas al consumo final tenderán a elevarse con respecto a los de las empresas más alejadas. Este hecho, señala a los empresarios que han errado al invertir en procesos productivos más alejados del consumo final, ya que donde se encuentran ahora los mayores beneficios es en las empresas productoras de bienes de consumo inmediato.
4. Por otro lado, se verifica el denominado “efecto Ricardo” (Hayek, 1929, revisado como efecto reajuste, García-Vaquero et al., 2021; Sánchez-Bayón, 2021) pero en sentido contrario. Al aumentar el precio de los bienes de consumo por encima de los salarios nominales, los salarios reales disminuyen. Lo anterior manda una nueva señal de mercado para que los empresarios sustituyan en el margen equipo capital por factor trabajo (Huerta de Soto, 1998), lo que empeora la situación, pues al disminuir la demanda de bienes de capital cae su precio y los beneficios contables de las empresas ubicadas en las etapas más alejadas del consumo tienden a resentirse.
5. En quinto lugar, se produce un aumento de los tipos de interés. Esta elevación es resultado de tres causas diferenciadas. La primera, parte del hecho de que los bancos comerciales tenderán a añadir una prima por la inflación generada. La segunda, es que habrá muchos procesos productivos que, por lo expuesto anteriormente, necesiten ser refinanciados, produciéndose una pugna por obtener préstamos y créditos adicionales para salvar los procesos productivos. Esto elevará la demanda de préstamos y créditos encareciéndolos. Por último, la tercera causa tiene que ver con la actuación del Banco Central, pues es probable que en las últimas etapas del ciclo alcista, cercanas a la fase de crisis financiera, las autoridades monetarias, ante la expectativa de un proceso inflacionario, decidan elevar los tipos de interés de referencia. La evidencia histórica muestra que los tipos de interés resultantes del proceso de ajuste del mercado derivado de una expansión del crédito bancario, pueden ser incluso superiores a los iniciales (Rothbard, 1963).
6. Finalmente, como resultado de los efectos mencionados previamente, comienzan a observarse pérdidas contables en multitud de empresas situadas en las etapas de la estructura productiva más alejadas del consumo final que, en comparación con los beneficios de las empresas más próximas,

ponen de manifiesto las malas inversiones empresariales inducidas por la reducción artificial de los tipos de interés resultante de los procesos de expansión crediticia sin respaldo previo de ahorro voluntario.

Es en este momento, cuando la fase expansiva del ciclo da paso a una recesión y a una crisis financiera. A los nuevos tipos de interés más elevados, el descenso de los precios de los bienes de capital y los salarios más elevados, muchas empresas endeudadas durante la fase de auge crediticio no obtienen beneficios y dejan de ser rentables. Esto provoca que el activo de los bancos comerciales se contraiga (como resultado de la morosidad), mientras que su pasivo, integrado por los depósitos que crearon a través del multiplicador bancario, sigue siendo el mismo, lo que conduce a un problema de insolvencia del sistema bancario que desemboca en la fase de crisis financiera del ciclo económico.

El escenario de crisis financiera, y la consiguiente contracción del crédito bancario, se transmite rápidamente a la economía real en forma de recesión económica, cuando se descubre la descoordinación intertemporal entre las decisiones de ahorro e inversión, lo cual da lugar a un proceso de ajuste espontáneo del mercado. Este ajuste implica la paralización de la actividad de refinanciación de multitud de proyectos emprendidos durante la fase de expansión crediticia en las etapas más alejadas del consumo, y el trasvase de mano de obra desde estas etapas (en las que se han acumulado los errores de inversión) hacia otras más ajustadas a las preferencias de los agentes. La oferta de crédito se contrae hasta un nivel consistente con la oferta de ahorro (que a su vez es reflejo de la tasa de preferencia temporal de los consumidores-ahorradores de la economía). Por otro lado, los bancos comerciales, con una ratio solvencia-liquidez más precaria, se muestran muchos más moderados a la hora de conceder nuevos préstamos y líneas de crédito. La contracción de la oferta de crédito bancario conduce a una elevación de los tipos de interés, lo que a su vez provoca una disminución de la inversión, que también se sitúa por debajo de su nivel inicial.

En el largo plazo, esta secuencia deriva en la destrucción de un sinfín de procesos productivos, lo que da cuenta de una estructura de producción menos capital-intensiva, con menos etapas y que proporcionará menores cantidades de bienes de consumo en el futuro. A medida que se produce el ajuste de los mercados, la economía presenta tasas de crecimiento negativas, disminuciones de los salarios reales y un aumento del desempleo (Hülsmann, 2001).

Una vez depuradas las malas inversiones acometidas en las primeras etapas de la estructura productiva, la economía sólo volverá a una senda de crecimiento sostenible si se basa en avances tecnológicos o aumentos de ahorro de los agentes económicos (Garrison, 2001). Además, la TACE no termina en este punto, sino que también diferencia entre «recesiones cortas», en las que el gobierno no interfiere en la reasignación del capital mal invertido, y «recesiones persistentes», como consecuencia de las políticas de expansión fiscal y monetaria impulsadas para perpetuar los niveles de producción y empleo resultantes de la fase de auge artificial precedente. Estas políticas, obstaculizan una rápida y eficiente liquidación de los malos procesos de inversión y la reasignación temprana de los recursos hacia otras etapas y sectores de la estructura productiva.

Encontrar ilustraciones empíricas de la TACE, permitiría discriminar contra otros enfoques alternativos que pretenden explicar el origen, los mecanismos de propagación y la persistencia de los ciclos económicos (Young, 2011).

2. Una breve ilustración gráfica y matemática de la TACE

En este segundo apartado se llevará a cabo una breve demostración matemática y gráfica del desarrollo teórico de la TACE anteriormente expuesto. Para ello, este estudio se basa en los trabajos de Garrison (1978, 1989, 2001) y Cachanosky y Padilla (2016), en los cuales se ilustra la TACE de una manera más formal. En primer lugar, el desarrollo matemático de la TACE implementado por Cachanosky y Padilla (2016) aporta una visión innovadora de la teoría del ciclo, pues hasta el momento, es la primera y única versión matemática de la teoría austriaca de la que se tiene constancia. En segundo lugar, el modelo matemático de Cachanosky y Padilla está basado fundamentalmente en el modelo gráfico de Garrison (2001), el cual caracteriza el ciclo austriaco mediante la interconexión de tres gráficos principales. En primer término, un mercado de fondos prestables, donde se tiene, en el eje vertical, el tipo de interés de la economía, y en el eje horizontal, la inversión y el ahorro. Los valores de equilibrio de estas dos variables están determinados por la intersección de una demanda de fondos creciente y una oferta de fondos decreciente. En segundo término, una *frontera de posibilidades de producción* (FPP), entendida como un *trade-off* entre combinaciones sostenibles de consumo (eje vertical) e inversión (eje horizontal). Finalmente, la estructura intertemporal de la producción, coloquialmente conocida como triángulo de Hayek, en la cual se tiene en el eje vertical el consumo y en el eje horizontal el periodo de producción. En este gráfico se recoge el concepto de *roundaboutness*, producción indirecta o capital intensiva, introducido por Böhm-Bawerk (1888), que se define como el proceso conforme al cual los bienes de capital son producidos en primer lugar y después, mediante la combinación de los mismos, son producidos los bienes de consumo final. Estos gráficos se interrelacionan entre sí a partir de sus ejes comunes, esto es, el mercado de fondos prestables se relaciona con la FPP a partir de su eje común en el cual se determina la inversión y el ahorro, la FPP se relaciona con el triángulo de Hayek a partir de su eje común en el cual se determina el consumo, y por último, el mercado de fondos prestables se relaciona con el triángulo hayekiano a través del tipo de interés, pues la pendiente de este último representa la rentabilidad del capital, que coincide con el tipo de interés determinado en el mercado de fondos prestables.

Las siguientes ecuaciones definen este modelo de equilibrio de estado estacionario con pleno empleo de recursos (capital y trabajo). Por simplicidad matemática, se asume que se trata de una economía cerrada, sin sector público y en la que no existe crecimiento secular (cuestión que ha suscitado la controversia Salerno-Young- Engelhardt-Murphy sobre la teoría del crecimiento secular de Garrison: Salerno, 2001; Young, 2009a y 2009b; Engelhardt, 2009; Murphy, 2017; Cachanosky, 2017):

$$I^D = A - \alpha i \text{ (Demanda de créditos)}$$

$$I^S = B + \beta i \text{ (Oferta de créditos)}$$

$$\bar{Y} = C + I \text{ (Frontera de posibilidades de producción)}$$

$$C = i\tau \text{ (Pendiente del triángulo de Hayek)}$$

Por tanto, las ecuaciones que definen las principales variables del modelo en el equilibrio con pleno empleo de recursos son:

$$i^* = \frac{(A - B)}{(\alpha + \beta)} \text{ (Tipo de interés)}$$

$$I^* = \frac{(\beta A + \alpha B)}{(\alpha + \beta)} \text{ (Nivel de inversión)}$$

$$C^* = \bar{Y} - I^* = \frac{[(\alpha + \beta)\bar{Y} - (\beta A + \alpha B)]}{(\alpha + \beta)} \text{ (Nivel de consumo)}$$

$$\tau^* = \frac{[(\alpha + \beta)\bar{Y} - (\beta A + \alpha B)]}{(A - B)} \text{ (Nivel de producción)}$$

La siguiente etapa pasa por caracterizar matemáticamente la TACE, entendida como un proceso de expansión crediticia, seguido de un ciclo de auge y recesión, en el modelo macroeconómico basado en la estructura del capital. Esta expansión crediticia entra como un ΔM que se suma a la oferta autónoma de crédito en la función de oferta de crédito, lo que hace que ésta se desplace, por tanto, la nueva oferta de créditos pasa a ser: $S^1 = B + \Delta M + \beta i$. En consecuencia, se debe prestar atención a tres conjuntos de puntos distintos: en primer lugar, el equilibrio inicial sin la expansión del crédito, que ya ha sido definido anteriormente, en segundo lugar, como quedan las principales variables del modelo tras el aumento de la oferta de créditos derivado de la expansión monetaria y, en tercer lugar, el valor que toman las principales variables del modelo tras la reacción del mercado a un tipo de interés artificialmente bajo y su situación final.

Principales variables del modelo ante la expansión del crédito (denota letra m) Diferencia con respecto a la situación inicial

$$\begin{aligned}
 i_m^* &= \frac{(A - B - M)}{(\alpha + \beta)} & i_m^* - i^* &= [-1/(\alpha + \beta)]M < 0 \\
 I_m^* &= \frac{[(\beta A + \alpha B) + \alpha M]}{(\alpha + \beta)} & I_m^* - I^* &= [\alpha/(\alpha + \beta)]M > 0 \\
 C_m^* &= \frac{[(\alpha + \beta)\bar{Y} - (\beta A + \alpha B) - \alpha M]}{(\alpha + \beta)} & C_m^* - C^* &= [-\alpha/(\alpha + \beta)]M < 0 \\
 \tau_m^* &= \frac{(\alpha + \beta)\bar{Y} - (\alpha B + \beta A) - \alpha M}{A - B - M} & \tau_m^* - \tau^* &= \frac{(\alpha + \beta)(\bar{Y} - A)M}{(A - B)(A - B - M)} > 0
 \end{aligned}$$

Reacción del mercado a un tipo de interés artificialmente bajo (denota letra p) Diferencia con respecto a la situación inicial

$$\begin{aligned}
 i_p^* &= \frac{[(A - B)\alpha + \beta M]}{[\alpha(\alpha + \beta)]} & i_p^* - i^* &= \frac{\beta M}{[\alpha(\alpha + \beta)]} > 0 \\
 I_p^* &= \frac{[(\beta A + \alpha B) - \beta M]}{(\alpha + \beta)} & I_p^* - I^* &= [-\beta/(\alpha + \beta)]M < 0 \\
 C_p^* &= \frac{[(\alpha + \beta)\bar{Y} - (\beta A + \alpha B) + \beta M]}{(\alpha + \beta)} & C_p^* - C^* &= [\beta/(\alpha + \beta)]M > 0 \\
 \tau_p^* &= \frac{\alpha[(\alpha + \beta)\bar{Y} - (\beta A + \alpha B) + \beta M]}{(A - B)\alpha + \beta M} & \tau_p^* - \tau^* &= \frac{(A - B) - (\alpha + \beta)\bar{Y} + (\beta A + \alpha B)}{(A - B)^2\alpha + (A - B)\beta M} < 0
 \end{aligned}$$

La expansión del crédito ΔM sitúa a la economía por encima de la FPP y se distribuye entre la desviación del consumo y de la inversión.

$$Y_m = \bar{Y} + M$$

$$(I_m^* - I^*) + (C_p^* - C^*) = M$$

Además, se hace necesario conocer las diferencias que se dan entre las variables afectadas por la expansión del crédito y el valor de las variables tras la reacción espontánea del mercado a un tipo de interés artificialmente bajo.

$$i_m^* - i_p^* = (-1/\alpha)M < 0$$

$$I_m^* - I_p^* = M > 0$$

$$C_m^* - C_p^* = -M < 0$$

$$\tau_m^* - \tau_p^* = \frac{(\alpha + \beta)((\alpha + \beta)\bar{Y} - \alpha(A - B - M)) + (\beta A + \alpha B) - 2\alpha\beta M}{(A - B - M)(\alpha(A - B) + \beta M)} M > 0$$

Queda de manifiesto que se dan dos tipos de interés al mismo tiempo en el mercado: a) i_m^* define la pendiente de la hipotenusa del triángulo hayekiano para las etapas más alejadas del consumo; b) i_p^* fija la pendiente para las etapas más cercanas al consumo. Se verifica así la rotura del triángulo hayekiano tras la expansión crediticia y el desajuste económico que supone que aumenten el consumo y la inversión al mismo tiempo, sin que haya ahorro que lo sustente.

Además, es posible calcular una aproximación de como quedarían las variables C y τ tras el proceso de reestructuración del capital en la economía a través del intercepto entre las dos hipotenusas anteriormente mencionadas.

$$C_B^* = (\tau_m^* - \tau_B^*)i_m^*$$

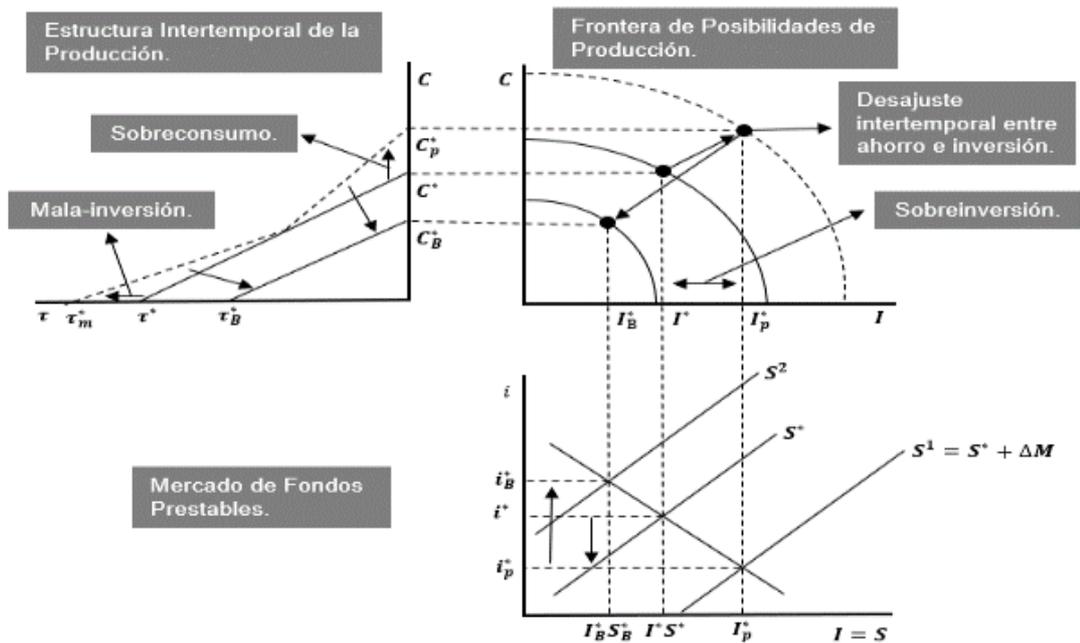
$$C_B^* = (\tau_p^* - \tau_B^*)i_p^*$$

$$\tau_B^* = \frac{(\tau_p^*i_p^* - \tau_m^*i_m^*)}{(i_p^* - i_m^*)}$$

$$C_B^* = \frac{[(\alpha + \beta)(\bar{Y} - A) - (\beta A + \alpha B)]}{(\alpha + \beta)} < C_m^* < C^* < C_p^*$$

La Figura 1 representa el modelo de Garrison (1978, 1989, 2001) de la TACE, donde la principal particularidad respecto a los modelos macroeconómicos habituales es que mientras estos últimos están basados en el trabajo, el modelo austriaco se fundamenta en el capital (Ebeling, 2001). En esta representación se asume, al igual que en la ilustración matemática anterior, que no existe crecimiento secular, es decir, se parte de una situación de estado estacionario. Por otro lado, se asume que la economía es cerrada, sin sector público (Ravier & Cachanosky, 2015) y se halla en equilibrio de pleno empleo. Contrapóngase esta representación gráfica con la versión matemática anteriormente expuesta para asegurar la consistencia y la claridad de los desarrollos.

Figura 1. Crecimiento económico insostenible (teoría austriaca del ciclo monetario endógeno).



Fuente: Elaboración propia a partir de Garrison (2001).

3. Metodología y problemas que se presentan

El presente trabajo plantea un estudio empírico basado en el empleo de métodos econométricos de series temporales, cuyo principal objetivo es caracterizar un episodio histórico concreto: el ciclo económico acaecido en España entre 2002 y 2014 (o sea, de auge, recesión y recuperación). Se trata de comprobar si la TACE sirve para ilustrar el ciclo económico español durante el citado período. Los paquetes econométricos elegidos para realizar los cálculos y estimaciones es Eviews 12, STATA y R.

Este estudio se encuentra con un problema principal que, a su vez, genera otro secundario. La traba inicial deriva de la visión no-econométrica de la Escuela Austriaca, divulgada especialmente por la vertiente “rothbardiana” o de apriorismo extremo (Rothbard, 1957), atribuyéndola una oposición a la aplicación de métodos cuantitativos en economía. Sin embargo, esto no es exactamente así, sino que ya desde su nacimiento, la Escuela Austriaca prestó especial atención a la cuestión metodológica, reivindicando la diferenciación de métodos de la economía con respecto a las ciencias naturales e ingenierías (Menger, 1883). Tradicionalmente, los austriacos son partidarios del método de investigación de corte apriorístico-deductivo o lógico-deductivo, basado en el estudio genético-causal de la acción humana y, por tanto, se rechaza el abuso de métodos cuantitativos sin respaldo teórico ni real (el “error friedmaniano”, Sánchez-Bayón, 2022), al dar lugar a razonamientos circulares incompatibles con el progreso de la teoría económica y que no pueden utilizarse para construir leyes de tendencia (Mises, 1949). Este rechazo metodológico se extiende al abuso de la economía matemática y la econometría, al entenderse como herramientas predictivas de ingeniería social, y no como instrumentos para ilustrar la teoría (Keeler, 2001, p. 331; Alonso et al., 2013, p. 45). En ciencias sociales lo habitual son las proyecciones, previsiones o conjeturas (no las predicciones), cumpliéndose especialmente en la economía por sus procesos dinámicos y creativos (Huerta de Soto, 2009).

En lo tocante a la TACE, Carilli y Dempster (2008), Luther y Cohen (2014, p.167), ponen de manifiesto la escasez de estudios empíricos que analicen el impacto de las expansiones monetarias sobre la estructura de producción de la economía. Esta es precisamente la motivación del presente estudio:

ilustrar la TACE a la vez que caracteriza un episodio histórico concreto. Su objetivo es determinar si, mediante el uso de métodos econométricos, la teoría austriaca contribuye a explicar los datos económicos históricos observables durante el ciclo español acaecido en el período 2002-14. Por tanto, debe considerarse que este estudio aporta un método de investigación histórica alternativo a las técnicas, también históricas, utilizadas tradicionalmente por los autores de la Escuela Austriaca para explicar los ciclos de expansión y recesión. Así, Rothbard (1963) recurrió a técnicas históricas para caracterizar la Gran Depresión de 1929 como resultado de las distorsiones causadas por la expansión del crédito bancario en la década de 1920. Igualmente, mostró que el New Deal frustró la pronta liquidación de las malas inversiones, lo que resultó en una contracción secundaria prolongada (Mulligan, 2006).

Powell (2002) recurre a las mismas técnicas para hallar evidencia histórica de que la crisis japonesa de 1990 responde a la TACE. Este autor concluye que las políticas fiscales y monetarias destinadas a estimular la recuperación, prolongaron la recesión en Japón. De igual modo, Callahan y Garrison (2003) se preguntan si la evidencia histórica permite explicar el ciclo económico provocado por la burbuja de las puntocom a través de la TACE.

Además de los problemas metodológicos y de carencia de literatura previa, este tipo de estudios puede encontrarse con un tercer problema derivado de la dificultad para conseguir datos que sean consecuentes con la teoría austriaca, en este sentido Young (2011) explica:

Desafortunadamente, la evaluación empírica de las predicciones de la TACE ha resultado difícil por varias razones. En primer lugar, los hechos estilizados de los ciclos económicos se basan en los agregados de las Cuentas Nacionales de Ingreso y Producción (NIPA) que no son adecuados para evaluar una teoría que se basa en una visión desagregada de las estructuras de producción. En segundo lugar, el concepto de “producción indirecta” [*roundaboutness*] no es fácil de medir empíricamente. La estructura temporal de la producción simplemente no se encuentra en las NIPA. En tercer lugar, las predicciones básicas de la TACE para los agregados macroeconómicos son demasiado genéricas para discriminar contra teorías del ciclo económico alternativas. (p. 78)

En definitiva, teniendo en cuenta los problemas considerados, este estudio trata de encontrar, mediante la aplicación de técnicas econométricas apropiadas, evidencia empírica distintiva a favor de la TACE en relación con otras teorías competidoras del ciclo económico (en la línea ya inaugurada por Morgenstern o Machlup, actualizada por Garrison o Cachanosky, y aquí continuada). Buena parte de los aportes señalados han sido tenidos en cuenta para la realización de este trabajo, sin embargo, se destaca la originalidad del mismo, no sólo por su vocación de diálogo entre corrientes y su síntesis evolutiva al respecto, sino por ser el primero en abordar con una metodología econométrica, desde la tradición austriaca, el ciclo español del período 2002-14.

4. Revisión de la literatura

Si bien es cierto que la literatura académica en esta línea de investigación es limitada, se pueden hallar algunos trabajos que recurren a métodos econométricos para analizar la TACE en diversos episodios históricos. El objetivo de este apartado es revisar una buena parte de ellos, con el objeto de descubrir qué tipo de datos y métodos econométricos pueden ser de más utilidad. Se analizarán las aportaciones más relevantes por orden cronológico.

El primer estudio corresponde a Wainhouse (1984). Este autor analiza, a través de pruebas de causalidad de Granger (1969), el impacto de la expansión del crédito sobre los tipos de interés y la estructura productiva de EE.UU. utilizando datos mensuales entre 1959 y 1981. Concluye que el ciclo económico es resultado de un proceso de expansión crediticia, ya que establece que las fluctuaciones en la oferta de crédito dan lugar a alteraciones en los tipos de interés y, a su vez, verifica el efecto “descuento temporal” al comprobar que los cambios en la tasa de concesión de créditos estimulan que los empresarios inviertan en las etapas más alejadas del consumo. Además, muestra que la ratio entre los precios de los bienes de capital y los precios de los bienes de consumo se comporta según las

explicaciones de la TACE, es decir, en las fases de auge aumenta y a medida que el mercado se va ajustando disminuye.

Posteriormente, Le Roux y Levin (1998), en línea con el estudio de Wainhouse, utilizan datos mensuales de la economía sudafricana entre 1980 y 1996, llegando a conclusiones similares. Es decir, la política monetaria del Banco Central de Sudáfrica indujo una expansión del crédito bancario sin respaldo de ahorro voluntario, lo que provocó fuertes distorsiones en los tipos de interés y en la estructura del proceso productivo, dando lugar al efecto “ahorro forzoso”.

Tras estos trabajos, Keeler (2001) emplea datos trimestrales estandarizados de EE.UU. entre 1950 y 1991 del crecimiento de la oferta monetaria (medida por la M1), la pendiente de la curva de rendimientos (diferencial entre los tipos de los bonos federales a diez años y a tres meses) como aproximación a la tasa de interés natural o wickselliana y a la tasa de interés monetaria en el mercado de crédito a corto plazo, la asignación de recursos dentro de la estructura productiva (aproximada por la ratio entre la capacidad de utilización de las industrias de procesamiento primario y la capacidad de utilización de las industrias de procesamiento avanzado), y las desviaciones de la producción (medidas a través de la ratio entre el PIB real y el PIB real natural). Este autor se plantea si las explicaciones austriacas sobre el impacto de los shocks de política monetaria pueden caracterizar ocho ciclos de la economía estadounidense desde la posguerra. A través del estudio de las correlaciones cruzadas entre las variables con diferentes retardos, concluye que las fluctuaciones en la oferta monetaria tienen un efecto inmediato sobre la curva de rendimientos, y que las variaciones de esta última afectan de manera positiva tanto a la asignación intertemporal de los recursos productivos como a las desviaciones cíclicas de la producción con cierto retardo. Estos resultados son coherentes con la TACE en lo relativo a que una caída del tipo de interés inducida por una expansión monetaria, estimula el trasvase de recursos productivos desde las etapas más próximas al consumo final hacia las etapas más alejadas. De igual modo, muestra que el hecho de que las correlaciones entre la asignación de recursos dentro de la estructura productiva de la economía y las desviaciones cíclicas de la producción sean positivas hasta el quinto trimestre y después negativas, revela que los procesos de asignación (en la fase de auge) y de reasignación (en la fase recesiva) de los recursos productivos en la estructura de capital tienen influencia sobre el comportamiento cíclico de la actividad económica.

Mulligan (2002) se desvía de los estudios anteriores y evalúa la estructura productiva de EE.UU. entre 1959 y 2000 a través del triángulo de Hayek, utilizando datos de tipos de interés con distintos vencimientos y de empleo de nueve sectores productivos (manufactura, construcción, finanzas, seguros y bienes raíces, sector gubernamental, minería, servicios, transporte y servicios públicos, industria del comercio minorista, e industria del comercio al por mayor). Este autor recurre a técnicas de cointegración y modelos de vectores de corrección de error (MVCE) para concluir que, si se utiliza el trabajo como recurso productivo objeto de análisis en lugar del capital (dado que este último es mucho más complejo de medir), el estudio presenta evidencia empírica muy fuerte de cointegración entre las variaciones del empleo sectorial y las de los tipos de interés. Es decir, el empleo de los diferentes sectores productivos responde con fuerza y de manera diferencial a los cambios en los tipos de interés durante el ciclo económico. Esto permite al autor concluir que las fases expansivas, cuando disminuyen los tipos de interés, están marcadas por una redistribución del empleo hacia las etapas productivas más alejadas del consumo final, mientras que en los inicios de la recesión, que suelen estar precedidos por un aumento de las tasas de interés, se observa una reasignación del empleo hacia las etapas de la estructura de producción más próximas al consumo final (Hayek, 1931). Esto es consistente con la TACE, dado que los tipos de interés señalizan qué procesos de producción son rentables y cuáles no, generando movimientos de los factores productivos entre las distintas etapas de la estructura de capital.

En este mismo sentido, realizando un estudio similar al de Mulligan (2002), Young (2005) emplea datos trimestrales de reasignación de puestos de trabajo dentro de la estructura productiva y de tipos de interés de los fondos federales (como aproximación a la conducta de la política monetaria) de EE.UU. entre 1972 y 1993. Emplea un modelo dinámico de datos de panel y encuentra un “canal hayekiano” estadísticamente significativo para la política monetaria. Concretamente, concluye que se dan episodios de reasignación de puestos de trabajo en la estructura productiva en respuesta a la gestión

de la política monetaria como prevé la TACE. No obstante, aunque encuentra que el “canal hayekiano” es estadísticamente significativo, comprueba que las perturbaciones monetarias explican poco más del 10% de la variabilidad de la reasignación de puestos de trabajo en la estructura productiva estadounidense, por lo que la contribución de la política monetaria es bastante modesta.

Por su parte, Mulligan (2006) utiliza datos mensuales de la producción consumible real, de los tipos de interés de los bonos federales a diez años y de las letras del Tesoro a tres meses de EE.UU. entre enero de 1959 y marzo de 2003, para determinar la existencia de relaciones de cointegración entre el gasto en consumo personal y el diferencial de tipos «largo plazo-corto plazo» a través de un MVCE. Este autor, concluye que un aumento del diferencial de tipos de interés tiene un impacto positivo sobre todas las etapas de la estructura de producción, aunque ese efecto es mayor en las etapas más alejadas del consumo final (productoras de bienes de capital) que en las etapas más próximas (productoras de bienes de consumo). Además, concluye que este efecto tiende a diluirse con el paso del tiempo, si bien finaliza antes en las etapas más próximas al consumo que en las más alejadas. Por último, afirma que este efecto no solo desaparece con el transcurso del tiempo, sino que tiende a revertir, siendo esta reversión más intensa en las etapas más alejadas del consumo que en las más cercanas.

Carilli y Dempster (2008) siguen los pasos de Keeler (2001). Utilizan datos trimestrales de consumo y ahorro personal, tipos de interés a corto plazo, reservas de la banca central y PIB de los EE.UU. entre el primer trimestre de 1959 y el segundo de 2007. A partir de estos datos, establecen contrastes de causalidad de Granger (1969) entre la tasa de crecimiento de las reservas y el diferencial de intereses (concebido como el diferencial entre la tasa de interés natural –aproximada por la ratio ahorro-consumo– y el tipo de interés del mercado de crédito a corto plazo), y entre el diferencial de intereses y la tasa de crecimiento del PIB real. Concluyen que la tasa de crecimiento de las reservas causa en el sentido de Granger al diferencial de tipos de interés, y que el propio diferencial de tipos de interés causa en el sentido de Granger a la tasa de crecimiento del PIB real (Rothbard, 1993). Estos resultados son coherentes con la TACE. Además, estiman un modelo de retardos polinomiales de Almon (1965) con la tasa de crecimiento del PIB real como variable dependiente y diferentes retardos del diferencial de tipos de interés como variables explicativas. Partiendo de este modelo, presentan la existencia de puntos de inflexión “endógenos” que ponen de manifiesto que un aumento del diferencial de intereses tiene un impacto positivo en la tasa de crecimiento del PIB real a corto plazo, y un impacto negativo en períodos posteriores. Una vez más, este resultado sería consistente con la TACE, pues el efecto positivo inicial tendería a revertir conforme el mercado fuese descubriendo los malos procesos de inversión emprendidos en proyectos que requieren más tiempo para su maduración de lo que el mercado está dispuesto a esperar.

En un trabajo publicado en 2009, Bismans y Mougeot recurren a un modelo de datos de panel con efectos fijos para estimar la relación existente entre el diferencial de tipos de interés (utilizando el tipo de interés a largo plazo como aproximación a la tasa de interés natural) y las desviaciones cíclicas del PIB real, la ratio entre los gastos de consumo e inversión y la relación por cociente entre los precios de los bienes de consumo y los precios de los bienes de producción. Concluyen que un aumento del diferencial de intereses genera una aceleración del PIB real. No obstante, también observan que esta aceleración tiende a remitir y a revertir a medida que el tipo de interés a corto plazo converge hacia el tipo a largo plazo (es decir, conforme se reduce el diferencial de tipos de interés). Estas conclusiones representan una ilustración empírica de la TACE.

Con una metodología diferente a los estudios previos, Young (2011) plantea un análisis innovador. Utilizando datos del TIOR (es decir, el requerimiento de producción industrial total de un sector productivo, como aproximación al concepto de producción indirecta) de 65 industrias de la estructura productiva de EE.UU. y del tipo efectivo de los fondos federales entre 2002 y 2009, mide el grado de complejidad de la estructura de capital de la economía norteamericana a lo largo del período bajo consideración, y cómo ésta se vio alterada por la política monetaria expansiva de la Reserva Federal. Concluye que la estructura de capital se amplió debido a las expansiones monetarias iniciadas en 2002, para luego contraerse durante la recesión de 2007-2008. Esta investigación representa una buena ilustración empírica de la TACE, fundamentalmente en lo que respecta a los efectos, primero

positivos y luego negativos, que las políticas de inflación monetaria tuvieron sobre la estructura de producción estadounidense.

Siguiendo los pasos de Keeler (2001), Carilli y Dempster (2008) y Bismans y Mougeot (2009), Alonso et al. (2013) usan datos trimestrales de la base monetaria, los tipos de interés a largo plazo y a corto plazo, la producción industrial de diferentes sectores productivos y la producción industrial agregada de EE.UU. entre 1988 y 2010, para llevar a cabo pruebas de causalidad de Granger (1969) entre el comportamiento cíclico del agregado monetario MZM (Money Zero Maturity) y la pendiente de la curva de rendimientos, entre la curva de rendimientos y varias ratios que representan la conducta cíclica de la estructura productiva estadounidense, y entre la curva de rendimientos y la evolución cíclica de la actividad agregada industrial. Concluyen que las oscilaciones cíclicas de la MZM causan en el sentido de Granger al diferencial de tipos de interés, y que éste, a su vez, causa las variaciones cíclicas de las ratios que reflejan la estructura de producción y la conducta cíclica de la actividad agregada industrial. Además, recurren a modelos de retardos distribuidos polinomiales que integran como variables dependientes las ratios que aproximan la conducta cíclica de la estructura productiva y la variable que representa la evolución cíclica de la actividad industrial, y como variables explicativas un conjunto de retardos de la pendiente de la curva de rendimientos, para hallar puntos de inflexión endógenos por los cuales un aumento del diferencial de intereses tiene un impacto positivo sobre las ratios de la estructura productiva y sobre la actividad agregada industrial a corto plazo, y un impacto negativo en períodos posteriores. Ambas conclusiones brindan evidencia a favor de la TACE, ya que confirman tanto los mecanismos de impulso como de propagación del ciclo económico austriaco.

En un artículo de 2013, Fisher amplía el trabajo de Mulligan (2006) integrando y evaluando el papel de la política monetaria en la determinación de los tipos de interés y el consumo. Utilizando datos trimestrales de la M1, de gastos reales de consumo personal, del tipo efectivo de los fondos federales y del rendimiento real de los activos, aproximado por el diferencial entre el tipo de los bonos a 10 años y de las letras del Tesoro a 3 meses entre 1963Q1 y 2012Q2, examina las relaciones de cointegración y recurre a modelos de corrección de error para distintos períodos (muestra completa, 1982:2-2012:2 y 1980:1-2009:1), con el objeto de analizar las relaciones a largo plazo de la política monetaria, las tasas de interés y el consumo real. Concluye que la intervención de la Reserva Federal en el mercado de fondos prestables reduce los tipos de interés a corto plazo a través del manejo del tipo de los fondos federales, lo que distorsiona el valor de la pendiente de la curva de rendimientos. Además, manifiesta que un aumento en la masa monetaria desestabiliza el gasto real en consumo personal a corto plazo. Estos resultados sugieren que las acciones a corto plazo de la Reserva Federal perturban las expectativas monetarias a largo plazo, los tipos de interés, y las decisiones de consumo e inversión, siendo estas conclusiones consistentes con la TACE.

Lester y Wolf (2013) rechazan la utilización de datos de producción, consumo e inversión de las Cuentas Nacionales de Ingresos y Producción (NIPA) de EE.UU. por considerarlos demasiado agregados y poco esclarecedores del proceso secuencial de la estructura productiva. Sostienen que los datos disponibles en EE.UU. sobre las etapas del proceso productivo capturan con precisión la noción austriaca de una estructura productiva. Estos autores miden la producción industrial en tres etapas (temprana, intermedia y tardía) con los índices de producción industrial de los productos crudos, primarios y terminados, y los precios promedio de los bienes producidos en las etapas temprana, intermedia y tardía con los índices de precios al productor de los bienes crudos, intermedios y terminados (datos del Bureau of Economic Analysis y Bureau of Labor Statistics). Posteriormente, estiman un modelo estructural de vectores autorregresivos (VAR) para determinar los cambios a corto plazo que se producen en la estructura de producción como resultado de los procesos de expansión monetaria. Para ello, utilizan el tipo de los fondos federales como indicador de la política monetaria. Estos autores sostienen que si la TACE es empíricamente relevante, una expansión monetaria debería aumentar la producción y los precios de los bienes en las etapas temprana y tardía en relación con la producción y los precios de los bienes correspondientes a la etapa intermedia. Encuentran que, si bien las expansiones monetarias son seguidas por cambios en la producción agregada estadísticamente significativos, la magnitud de las variaciones en la estructura de producción y en los precios de las diversas etapas es moderada, estadísticamente no significativa, y en ocasiones de signo contrario a lo

previsto por la TACE. El trabajo de Lester y Wolf (2013) representa un claro desafío a la TACE al no haber encontrado una clara evidencia empírica de la misma. Sin embargo, es posible que estos autores estén utilizando un indicador de política monetaria que no sea del todo consecuente con la teoría austriaca del ciclo.

En este sentido, Luther y Cohen (2014) aplican el mismo método de Lester y Wolf (2013). Sin embargo, critican el uso que hacen del tipo de los fondos federales como indicador de la política monetaria, ya que, en su opinión, no logra distinguir un tipo de interés de mercado bajo de un tipo de interés de mercado que es bajo en comparación con la tasa de interés natural. Estos autores prefieren utilizar la estimación de la tasa de interés natural propuesta por Selgin, Beckworth y Bahadir (2015) para dejar constancia, mediante los mismos métodos econométricos manejados por Lester y Wolf, de que la tasa de interés de mercado se sitúa por debajo de su nivel natural como resultado de un proceso de expansión monetaria orquestado por la Reserva Federal. No obstante, sus esfuerzos por mejorar el estudio de Lester y Wolf no modifican sustancialmente los resultados obtenidos ya que, al igual que estos, encuentran poca evidencia empírica a favor de la TACE respecto al hecho de que una expansión monetaria altere la estructura de producción. Considerando que otras investigaciones precedentes sí hallan evidencia empírica de que una expansión monetaria produce distorsiones en la estructura de producción, los resultados contrarios a la TACE de estos últimos trabajos pueden deberse a que los datos recopilados no supongan una buena aproximación a la estructura productiva de una economía.

5. Propuesta de hipótesis

Esta sección sigue principalmente las aportaciones de Keeler (2001), Carilli y Dempster (2008), Bismans y Mougeot (2009) y Alonso et al. (2013), al establecer dos categorías de hipótesis en el estudio del ciclo expansivo-recesivo español entre 2002 y 2014. La primera categoría de hipótesis haría referencia a los mecanismos de impulso del ciclo económico austriaco, lo cual implicaría contrastar las tres hipótesis siguientes:

1. Los procesos de expansión monetaria y crediticia (ΔM) llevados a cabo por el Banco Central Europeo provocaron una divergencia entre la tasa de interés natural y el tipo de interés vigente en el mercado de crédito a corto plazo en España.
2. Esta divergencia causó, con cierto retardo (entre 6-18 meses, Friedman, 1968; Froyen, 1997), una alteración artificial de la estructura de producción de la economía española. En particular, provocó un aumento de la inversión en las etapas más alejadas del consumo (bienes intermedios, bienes de equipo y bienes de consumo duradero, que incluirían la construcción), más intensivas en tiempo y capital, en detrimento de las etapas más cercanas (bienes de consumo final), menos intensivas en estos factores.
3. Esta divergencia entre la tasa de interés natural (aproximada por el tipo de los bonos a diez años) y el tipo de interés vigente en el mercado de crédito a corto plazo (aproximado por el tipo de las letras del Tesoro a tres meses) también causó, con cierto retardo, una alteración artificial en la actividad agregada industrial.

La segunda categoría de hipótesis haría referencia a los mecanismos de propagación del ciclo expansivo-recesivo austriaco que influyen en la volatilidad de las variaciones cíclicas observadas y en su persistencia a lo largo del tiempo. La TACE advierte de que el efecto positivo inicial sobre la estructura de producción y la actividad económica agregada provocado por la divergencia entre la tasa de interés natural y el tipo del mercado de crédito, tenderá a revertir a medida que el proceso de ajuste espontáneo del mercado vaya detectando las malas inversiones inducidas por la expansión del crédito (Huerta de Soto, 1998). Lo anterior requiere contrastar dos hipótesis adicionales:

4. La divergencia entre la tasa de interés natural y el tipo de interés del mercado de crédito a corto plazo, tuvo un impacto positivo sobre la estructura productiva de la economía española. Sin embargo, a medida que el mercado fue descubriendo los errores de inversión masivos inducidos por la abundancia de crédito barato, ese efecto positivo tendió a remitir y a revertirse hasta que el Banco Central Europeo (BCE) volvió a expandir de nuevo la oferta monetaria. Por tanto, tras un proceso de corrección inicial, debería observarse un nuevo impacto positivo sobre la estructura productiva y el inicio de una nueva fase de auge artificial. Este proceso implica comprobar que el efecto del diferencial de tipos de interés sobre la estructura de producción española es primero positivo, después negativo y posteriormente de nuevo positivo.
5. La divergencia entre la tasa de interés natural y el tipo de interés del mercado de crédito a corto plazo, provocó un efecto positivo en la actividad agregada industrial de España. Sin embargo, a medida que el mercado fue descubriendo los errores de inversión inducidos por la abundancia de crédito barato, este efecto tendió a revertir hasta que el BCE emprendió una nueva expansión monetaria, por lo que debería observarse un nuevo impacto positivo en la actividad agregada industrial y el inicio de una nueva fase de auge inducido. Esto implicaría comprobar que el efecto del diferencial de tipos de interés sobre la producción agregada industrial de España es primero positivo, después negativo y posteriormente de nuevo positivo.

6. Presentación de los datos y construcción de las variables

Siguiendo las premisas, procesos y resultados de los estudios analizados en la Sección 4, para contrastar las hipótesis del apartado precedente será necesario definir cuatro variables: 1) una medida del grado de laxitud de la política monetaria del BCE, 2) una medida que revele el impacto de la política monetaria sobre la estructura temporal de los tipos de interés, 3) una medida que represente la estructura productiva de la economía española y 4) una medida de la actividad económica agregada.

1. Respecto a la primera variable, se toma como aproximación al grado de laxitud de la política monetaria del BCE el comportamiento cíclico del agregado monetario M3. Para ello, se utilizan datos mensuales de la M3 entre enero de 2002 y diciembre de 2014 (descargados de la base Statistical Data Warehouse del BCE) en desviaciones respecto de su tendencia obtenida con el filtro de Hodrick-Prescott (1997). Este proceso permite determinar el comportamiento cíclico de la M3:

$$\Delta M3_t = \ln \left(\frac{M3_t}{tendenciaM3_t} \right)$$

2. Las investigaciones sobre la TACE, suelen utilizar el diferencial entre la tasa de interés natural (que se define como una variable económica real que responde a la tasa de preferencia temporal de los agentes y no a la ejecución de la política monetaria), y el tipo del mercado de crédito a corto plazo o tasa monetaria (que sí depende del grado de laxitud de la política monetaria). No obstante, no existen datos históricos disponibles de la tasa de interés natural, por lo que es necesario estimarla. Los autores de la Escuela Austriaca recurren a dos aproximaciones diferentes a la tasa de interés natural. Por un lado, utilizan la ratio ahorro-consumo propuesta por Rothbard (1993). En este sentido, Carilli y Dempster (2008, p. 275) sostienen que:

Según la mayoría de los principales analistas, la tasa de interés natural está determinada esencialmente por las perspectivas de crecimiento de la economía, mientras que los austriacos prefieren pensar que la tasa de interés natural refleja las preferencias temporales subyacentes de los agentes económicos. De hecho, Rothbard (1993) sugiere la ratio ahorro-consumo como la tasa de interés natural adecuada basada en la relación entre esta ratio y la tasa de preferencia temporal (Rothbard 1993, p. 342).

Por otro lado, autores como Keeler (2001), Mulligan (2006), Bismans y Mougeot (2009), Alonso et al. (2013), o Fisher (2013), prefieren utilizar el tipo de interés a largo plazo (bonos a diez años) como *proxy* a la tasa de interés natural. En particular, recurren a la pendiente de la curva de rendimientos

como aproximación al diferencial entre la tasa de interés natural y el interés monetario vigente en el mercado de crédito a corto plazo. En este sentido, Keeler (2001) apunta que:

Una expansión monetaria tendrá un efecto liquidez que reducirá las tasas de interés a corto plazo en mayor medida que las tasas de interés a largo plazo (Romer 1996, pp. 395–396). Las tasas de interés a largo plazo se ven afectadas ya que son un promedio de las tasas de corto plazo, pero el efecto es moderado. El contraste en los comportamientos de las tasas de interés a corto y a largo plazo respalda la noción de que las tasas a largo plazo observadas son una buena representación de las tasas de interés naturales, y en particular que la pendiente de la curva de rendimientos representa la idea wickselliana del diferencial entre los tipos de mercado y los naturales. La pendiente de la curva de rendimientos muestra más regularidad a lo largo de los ciclos económicos en la magnitud de la pendiente y en los patrones de cambio que los niveles de los tipos de interés. (p. 335)

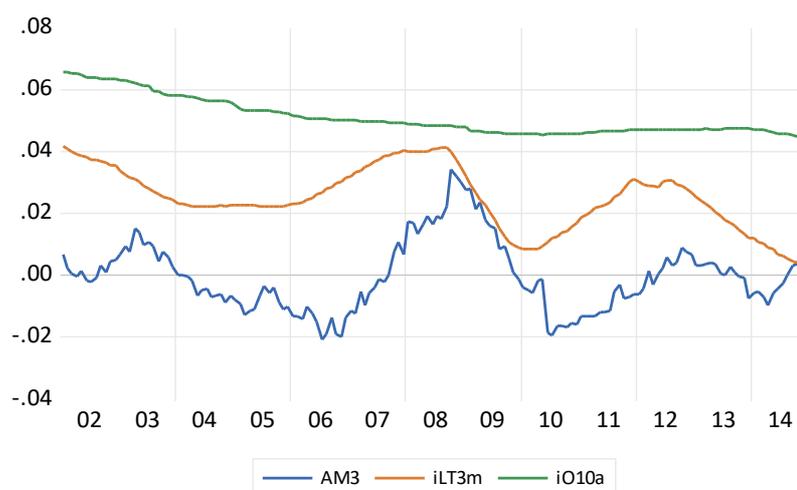
En la misma línea, Mulligan (2006) utiliza la misma aproximación argumentando que:

El diferencial de plazos se calcula como la tasa de rendimiento constante a diez años menos la tasa del mercado secundario a tres meses. Por lo general, el diferencial aumenta cuando el banco central aplica una política monetaria expansiva [...] El diferencial disminuye con una política monetaria contractiva. (p. 78)

El presente estudio recurre al interés de las obligaciones a 10 años como aproximación a la tasa de interés natural (tipo a largo plazo que refleja la tasa de preferencia temporal de los agentes y no responde al devenir de la política monetaria), mientras que utiliza el interés de las letras del Tesoro a 3 meses como aproximación de la tasa de interés vigente en el mercado de crédito a corto plazo (datos del Tesoro Público de España). Antes de construir el diferencial, es necesario comprobar que la rentabilidad de las obligaciones a 10 años no responde a fenómenos monetarios, para ello se representa gráficamente la citada tasa de rentabilidad, la rentabilidad de las letras del Tesoro a 3 meses y el comportamiento cíclico del agregado monetario M3 del BCE.

En la Figura 2 puede observarse cómo la tasa de rentabilidad de las letras del Tesoro a 3 meses responde al comportamiento cíclico de la M3. Sin embargo, la rentabilidad de las obligaciones a 10 años parece no estar en sintonía con la orientación y la intensidad de la política monetaria.

Figura 2. Rendimientos de obligaciones a 10 años (iO10a), de letras del Tesoro a 3 meses (iLT3m) y comportamiento cíclico del agregado monetario M3 (AM3) del BCE.



Fuente: Elaboración propia.

Otra forma de examinar la vinculación entre los tipos de interés a corto y a largo plazo y el tono de la política monetaria, es calcular las correlaciones entre el comportamiento cíclico de la M3 y los

tipos de las letras del Tesoro a 3 meses (cuyo valor asciende a 0,62) y entre el comportamiento cíclico de la M3 y los tipos de las obligaciones a 10 años (cuyo valor es 0,05).

Una vez se ha comprobado que la rentabilidad de las obligaciones a 10 años puede ser considerada una buena aproximación a la tasa de interés natural, ya que no responde al tono y orientación de la política monetaria del BCE, se recurre al diferencial entre la tasa de rentabilidad de las obligaciones a 10 años y el tipo de interés de las letras del Tesoro a 3 meses como una aproximación al diferencial entre la tasa de interés natural y el tipo de interés monetario en el mercado de crédito a corto plazo.

$$DIF_t = \ln \left[\frac{(1 + i_{10a})_t}{(1 + i_{3m})_t} \right]$$

3. Obtener una medida de la estructura productiva de un país no es tarea fácil dado el carácter agregado de la mayoría de las series históricas de producción disponibles. No obstante, con objetivo de representar una relación entre las etapas más alejadas del consumo final y las etapas más cercanas, y mostrar cómo las primeras (más intensivas en tiempo y capital) se extienden en las primeras fases del ciclo expansivo a costa de las segundas (destinadas a la producción de bienes de consumo final), y cómo esa relación revierte con el tiempo, este trabajo recurre a los índices de producción de bienes de equipo, bienes de consumo duradero y bienes intermedios (del Instituto Nacional de Estadística) como representación de las etapas más alejadas del consumo final, y al índice de producción de bienes de consumo como aproximación a las etapas más cercanas (Alonso et al., 2013).

Se asume, en consonancia con la TACE, que las variaciones en el diferencial de tipos de interés tendrán efecto sobre tres ratios construidas a partir de estos índices, a saber: bienes de equipo/bienes de consumo, bienes de consumo duradero (que en España incluye la construcción)/bienes de consumo y bienes intermedios/bienes de consumo. Así, de encontrarse evidencia empírica a favor de la TACE, debería verificarse que un aumento del diferencial de tipos de interés provocaría elevaciones de estas ratios, y que un descenso tendería a reducirlas.

Por tanto, con el objetivo de recoger el comportamiento cíclico de la estructura productiva, se construyen las siguientes ratios en desviaciones respecto de su tendencia obtenidas mediante el filtro de Hodrick y Prescott (1997).

$$\Delta PE_{1t} = \ln \left[\frac{(Bienes\ de\ equipo / Bienes\ de\ consumo)_t}{tendencia(Bienes\ de\ equipo / Bienes\ de\ consumo)_t} \right]$$

$$\Delta PE_{2t} = \ln \left[\frac{(Bienes\ de\ consumo\ duradero / Bienes\ de\ consumo)_t}{tendencia(Bienes\ de\ consumo\ duradero / Bienes\ de\ consumo)_t} \right]$$

$$\Delta PE_{3t} = \ln \left[\frac{(Bienes\ intermedios / Bienes\ de\ consumo)_t}{tendencia(Bienes\ intermedios / Bienes\ de\ consumo)_t} \right]$$

4. Por otro lado, para incorporar una medida de la actividad económica agregada se recurre al índice de producción industrial (IPI) (extraído del Instituto Nacional de Estadística). En este caso, las fluctuaciones de la actividad económica agregada se miden a partir de las desviaciones del IPI respecto de su tendencia.

$$\Delta IPI_t = \ln \left(\frac{IPI_t}{tendencia IPI_t} \right)$$

La Tabla 1 presenta un análisis de estadística descriptiva de las variables objeto de estudio.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables incluidas en el estudio.

	$\Delta M3_t$	DIF_t	ΔEP_{1t}	ΔEP_{2t}	ΔEP_{3t}	ΔIPI_t
Media	-0,000210	0,025041	-0,006719	-0,007845	-0,015952	-0,005514
Mediana	-0,001088	0,026404	0,027932	0,026049	-0,033919	0,020176
Máximo	0,034194	0,040149	0,135588	0,134412	0,666318	0,143688
Mínimo	-0,020761	0,006699	-0,462416	-0,523590	-0,425986	-0,378886
Dsv std	0,011402	0,008760	0,118275	0,126432	0,161449	0,104998
Oblicuidad	0,660852	-0,444955	-2,316027	-2,407351	1,010099	-1,665102
Kurtosis	3,245550	2,267851	7,830418	8,527041	5,207727	5,837847

Fuente: Elaboración propia.

7. Contrastación de las hipótesis

7.1. Mecanismos de impulso del ciclo económico

Siguiendo a Wainhouse (1984), Carilli y Dempster (2008) y Alonso et al. (2013), este apartado utiliza pruebas de causalidad de Granger (1969) para contrastar las hipótesis relativas a los mecanismos de impulso del ciclo económico austriaco. Dadas las variables descritas en el apartado anterior, contrastar las tres primeras hipótesis de la Sección 5 implicaría estimar las siguientes relaciones de causalidad:

1. La variable $\Delta M3_t$ causa en el sentido de Granger a la variable DIF_t .
2. La variable DIF_t causa en el sentido de Granger a las variables ΔEP_{jt} (cuando $j = 1, 2, 3$).
3. La variable DIF_t causa en el sentido de Granger a la variable ΔIPI_t .

Antes de contrastar las hipótesis relativas a los «mecanismos de impulso» del ciclo económico, se determina la estacionariedad de las variables objeto de estudio a través del test de Dickey-Fuller aumentado. Partiendo del criterio de información de Akaike se utiliza un máximo de trece retardos. La Tabla 2 muestra que todas las variables son estacionarias al menos al nivel del 5% de significatividad, excepto la variable $\Delta M3_t$ que es estacionaria a un nivel del 10%. Sin embargo, se acepta el nivel de significatividad del 10% de modo que todas las variables analizadas son integradas de orden cero $I(0)$ y, por tanto, estacionarias.

Tabla 2. Contrastes de raíces unitarias (Pruebas de Dickey-Fuller aumentado).

Hipótesis nula	Estadístico t y p-valor	Resultado
La variable $\Delta M3_t$ tiene una raíz unitaria	-2,655328 (0,0844)*	Se rechaza la hipótesis nula
La variable Dif_t tiene una raíz unitaria	-4,058279 (0,0402)**	Se rechaza la hipótesis nula
La variable ΔEP_{1t} tiene una raíz unitaria	-3,179530 (0,0233)**	Se rechaza la hipótesis nula

La variable ΔEP_{2t} tiene una raíz unitaria	-3,067758 (0,0313)**	Se rechaza la hipótesis nula
La variable ΔEP_{3t} tiene una raíz unitaria	-3,638692 (0,0061)***	Se rechaza la hipótesis nula
La variable ΔIPI_t tiene una raíz unitaria	-4,394998 (0,0005)***	Se rechaza la hipótesis nula

*** 1%, ** 5%, * 10%.

Fuente: Elaboración propia.

Se pasa ahora a realizar las pruebas de causalidad de Granger. El primer paso consiste en determinar el orden óptimo de retardos en cada una de las pruebas a realizar. Para solventar los posibles problemas de autocorrelación, derivados de establecer un número demasiado bajo de retardos, y de multicolinealidad, derivados de establecer un número demasiado alto, se recurre a criterios de información y otros mecanismos para buscar su número óptimo. En este caso, aplican los criterios de información de Akaike (AIC), Hannan-Quinn (HQ), Schwarz (SC), el estadístico de prueba LR de modelo secuencial al 5% de nivel de significatividad y el método de error de predicción final (FPE), procedimientos de determinación del número óptimo de retardos elegidos siguiendo la metodología de Vectores Autorregresivos (VAR).

Tabla 3. Búsqueda del orden óptimo de retardos (número óptimo de retardos entre paréntesis).

	LR	FPE	AIC	SC	HQ
$\Delta M3_t - Dif_t$	11,17444* (7)	$4,62e^{12}$ * (3)	-20,42480* (3)	-20,20641* (2)	-20,33542* (2)
$Dif_t - \Delta EP_{1t}$	59,57691* (12)	$6,34e^{10}$ * (12)	-15,51448*(12)	-14,34096*(12)	-15,03761*(12)
$Dif_t - \Delta EP_{2t}$	11,98364* (14)	$7,00e^{10}$ * (15)	-15,42185*(15)	-14,19469*(12)	-14,89282*(14)
$Dif_t - \Delta EP_{3t}$	9,596704* (16)	$3,87e^{10}$ * (16)	-16,01724*(16)	-14,80071*(12)	-15,49739*(12)
$Dif_t - \Delta IPI_t$	25,93219*(15)	$7,55e^{10}$ * (15)	-15,35224*(18)	-14,06767*(12)	-14,79889*(15)

Fuente: Elaboración propia.

Normalmente, en la literatura econométrica, las pruebas de causalidad de Granger suelen establecerse para un número de retardos concreto, no obstante, el presente estudio prefiere realizar las pruebas de causalidad para todos y cada uno de los retardos óptimos obtenidos mediante los criterios de selección propuestos en el párrafo anterior, con el fin de asegurar la consistencia de los resultados.

Las tres primeras filas de la Tabla 4 presentan los resultados de las pruebas de causalidad de Granger entre $\Delta M3_t$ y DIF_t para los retardos óptimos escogidos mediante los criterios de selección recogidos en la tabla 3. Puede observarse que la variable $\Delta M3_t$ causa en el sentido de Granger a la variable DIF_t al menos al nivel del 5% de significatividad. Sin embargo, la variable DIF_t no causa en el sentido de Granger a la variable $\Delta M3_t$. Estos resultados, ofrecen evidencia empírica de que el comportamiento cíclico del agregado monetario M3 causa en el sentido de Granger a las variaciones del diferencial de tipos de interés (DIF_t) con un periodo de retardo comprendido entre 2 y 7 meses, lo que implica que el tono de la política monetaria del BCE causó variaciones en la pendiente de la curva de rendimientos de España para el periodo analizado.

Tabla 4. Pruebas de causalidad de Granger.

Observaciones	Retardos	$H_0: \Delta M3_t$ no causa en el sentido de Granger a Dif_t	$H_0: Dif_t$ no causa en el sentido de Granger a $\Delta M3_t$
		Estadístico F y p-valor	Estadístico F y p-valor
154	2	8,43415 (0,0003)***	1,74026 (0,1790)
153	3	5,67040 (0,0011)***	2,58956 (0,0552)*
149	7	2,92522 (0,0070)***	1,54715 (0,1568)

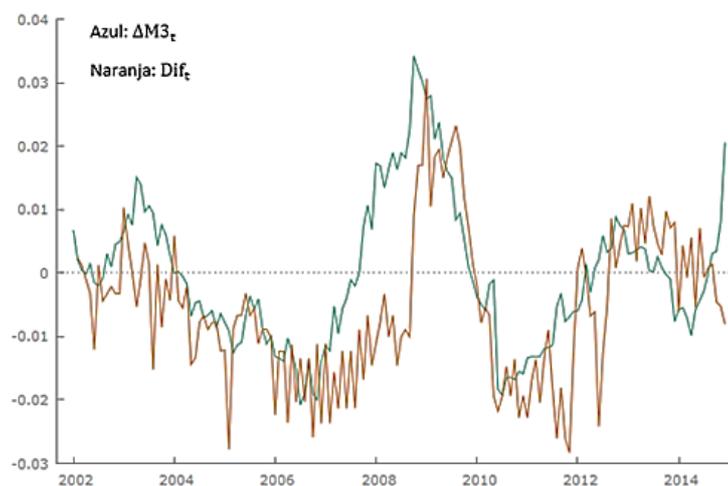
		$H_0: Dif_t$ no causa en el sentido de Granger a ΔEP_{1t}	$H_0: \Delta EP_{1t}$ no causa en el sentido de Granger a Dif_t
Observaciones	Retardos	Estadístico F y p-valor	Estadístico F y p-valor
144	12	3,09620 (0,0008)***	0,90799 (0,5413)
		$H_0: Dif_t$ no causa en el sentido de Granger a ΔEP_{2t}	$H_0: \Delta EP_{2t}$ no causa en el sentido de Granger a Dif_t
Observaciones	Retardos	Estadístico F y p-valor	Estadístico F y p-valor
144	12	6,28511 (0,0000)***	1,36861 (0,1906)
142	14	1,02489 (0,4343)	1,21383 (0,2753)
141	15	2,74101 (0,0220)**	1,29841 (0,2156)
		$H_0: Dif_t$ no causa en el sentido de Granger a ΔEP_{3t}	$H_0: \Delta EP_{3t}$ no causa en el sentido de Granger a Dif_t
Observaciones	Retardos	Estadístico F y p-valor	Estadístico F y p-valor
144	12	5,02607 (0,0000)***	1,09195 (0,3732)
140	16	1,62056 (0,0757)*	1,38734 (0,1620)
		$H_0: Dif_t$ no causa en el sentido de Granger a ΔIPI_t	$H_0: \Delta IPI_t$ no causa en el sentido de Granger a Dif_t
Observaciones	Retardos	Estadístico F y p-valor	Estadístico F y p-valor
144	12	3,63485 (0,0001)***	2,15950 (0,0180)**
141	15	2,44848 (0,0040)***	1,24612 (0,2495)
138	18	1,85638 (0,0284)**	2,25169 (0,0059)***

*** 1%, ** 5%, * 10%. Se rechaza la H_0 a un 5% de nivel de significatividad.

Fuente: Elaboración propia.

Puede ser relevante graficar el impacto del comportamiento cíclico del agregado monetario M3 sobre el diferencial de tipos de interés (Figura 3), máxime cuando la correlación observada entre el tono de la política monetaria y el diferencial de tipos de interés durante el periodo 2002-2014 es 0.67.

Figura 3. Impacto sobre el cíclico del agregado monetario M3 del diferencial de tipos de interés.



Fuente: Elaboración propia.

La cuarta fila de la Tabla 4 muestra el resultado de la prueba de causalidad de Granger entre DIF_t y ΔEP_{1t} para el número de retardos escogido mediante los criterios de selección indicados. En ella puede observarse que la variable DIF_t causa en el sentido de Granger a la variable ΔEP_{1t} al menos al nivel del 5% de significatividad, sin embargo, la variable ΔEP_{1t} no causa en el sentido de Granger a la variable DIF_t .

La quinta, sexta y séptima filas de la Tabla 4 recogen los resultados de los test de causalidad de Granger entre DIF_t y ΔEP_{2t} para los retardos óptimos escogidos mediante los criterios de selección definidos. En ellas se observa como en dos de las pruebas, la variable DIF_t causa en el sentido de Granger a la variable ΔEP_{2t} al menos al nivel del 5% de significatividad. Por el contrario, la variable ΔEP_{2t} no causa en el sentido de Granger a la variable DIF_t .

La octava y novena filas de la Tabla 4 presentan los resultados de las pruebas de causalidad de Granger entre DIF_t y ΔEP_{3t} para los dos números de retardos escogidos. Se observa como en una de las dos pruebas, la variable DIF_t causa en el sentido de Granger a la variable ΔEP_{3t} al menos al nivel del 5% de significatividad. Sin embargo, la variable ΔEP_{3t} no causa en el sentido de Granger a la variable DIF_t .

Estos resultados ofrecen evidencia empírica de que las variaciones en el diferencial de tipos de interés causan en el sentido de Granger a las desviaciones cíclicas de la estructura productiva con un periodo de retardo comprendido entre los 12 y los 16 meses (Friedman & Schwartz, 1963; Friedman, 1968 y 1993), lo cual implica, para el caso concreto de España entre 2002 y 2014, que las variaciones en la pendiente de la curva de rendimientos causaron alteraciones en la estructura productiva de la economía española.

La décima, decimoprimer y decimosegunda filas de la Tabla 4, muestran los resultados de las pruebas de causalidad de Granger entre DIF_t y ΔIPI_t para los conjuntos de retardos óptimos escogidos mediante los criterios de selección anteriores. En ellas se observa como al menos al 5% de nivel de significatividad la variable DIF_t causa en el sentido de Granger a la variable ΔIPI_t , además, en dos de las pruebas, la variable ΔIPI_t también causa en el sentido de Granger a la variable DIF_t . Por tanto, existe una relación causal bidireccional entre ambas variables, que puede deberse al marcado carácter anticíclico de la política del BCE entre 2007 y 2014. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia empírica de que las variaciones en el diferencial de tipos de interés causan en el sentido de Granger a las fluctuaciones cíclicas de la actividad agregada industrial con un retardo comprendido entre los 12 y los 18 meses. Esto implica, en lo que respecta al presente trabajo, que las variaciones en la pendiente de la curva de rendimientos (como indicador del tono y la orientación de la política monetaria) causaron alteraciones en la actividad económica del país y en su estructura de producción.

En resumen, las pruebas de causalidad de Granger contempladas en la tabla 4 ilustran las tres primeras hipótesis del apartado 5 y, por tanto, ofrecen evidencia empírica a favor de los mecanismos de impulso del ciclo austriaco, ya que constatan que el devenir de la política monetaria del BCE incidió en la pendiente de la curva de rendimientos española, y que ésta a su vez provocó alteraciones en la estructura productiva de la economía, ocasionando que la perturbación monetaria inicial se transmitiera a todo el proceso productivo representado por el índice de producción industrial.

7.2. Mecanismos de propagación del ciclo económico

Una vez analizados los mecanismos de impulso del ciclo económico austriaco, se pasa ahora a contrastar la cuarta y quinta hipótesis planteadas en la Sección 5. Estas hacen referencia a los mecanismos de propagación del ciclo expansivo-recesivo austriaco. La TACE advierte de que un aumento artificial en el diferencial de tipos de interés originado por un proceso de expansión monetaria y crediticia, sólo puede tener efectos positivos sobre la estructura productiva y la actividad económica agregada a corto plazo. A medida que transcurre el tiempo, las distorsiones artificiales inducidas en la estructura de producción y las restricciones de recursos reales derivadas, provocarán que el auge inicial se torne en

recesión conforme el proceso de ajuste espontáneo del mercado vaya descubriendo las malas inversiones ocasionadas por el exceso de crédito barato.

Para el caso de España entre 2002 y 2014, si se observa la evolución del diferencial de tipos de interés, queda de manifiesto que aumenta desde 2002, para posteriormente comenzar a disminuir en los albores de la recesión (es decir, antes de 2007-2008). Sin embargo, el diferencial vuelve a aumentar en los años siguientes como consecuencia de la orquestación de una nueva expansión monetaria por parte del BCE. En este sentido, si la economía española responde al relato de la teoría austriaca del ciclo expansivo-recesivo endógeno, debería observarse que las ratios de producción ΔEP_{1t} , ΔEP_{2t} y ΔEP_{3t} y la actividad económica agregada (definida por el IPI) aumentan cuando lo hace el diferencial de tipo de interés, y se reducen cuando disminuye. Sin embargo, tras el movimiento expansivo-recesivo inicial, debería observarse un nuevo aumento de las ratios de producción y de la producción agregada como consecuencia de una nueva expansión monetaria -contracíclica- ejecutada por el BCE, lo que daría lugar a una nueva distorsión de la estructura productiva y al inicio de una nueva fase de auge insostenible (o de ciclo económico expansivo-recesivo).

Una forma de contrastar lo anteriormente expuesto, sería localizar puntos de inflexión endógenos en el efecto del diferencial de tipos de interés sobre las tres ratios que representan la estructura productiva de España y sobre el índice de producción industrial. Hallar estos puntos de inflexión endógenos, revelaría la existencia de ciclos económicos recurrentes que se autoperpetúan en línea con las aportaciones del enfoque austriaco (Alonso et al., 2013).

Para dar cuenta de este proceso, y siguiendo las aportaciones de Carilli y Dempster (2008), más Alonso et al. (2013), se estiman cuatro modelos de retardos distribuidos polinomiales (Almon, 1965), en los que las variables dependientes son las tres ratios que representan la estructura productiva española (ΔEP_{1t} , ΔEP_{2t} y ΔEP_{3t}) y la variable que da cuenta de la actividad económica agregada (el índice de producción industrial, IPI), mientras que las variables explicativas incorporan n retardos del diferencial de tipos de interés. Los cuatro modelos se representan de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\Delta PE_{1t} &= \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i DIF_{t-i} + \varepsilon_i \\ \Delta PE_{2t} &= \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i DIF_{t-i} + \varepsilon_i \\ \Delta PE_{3t} &= \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i DIF_{t-i} + \varepsilon_i \\ \Delta IPI_t &= \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i DIF_{t-i} + \varepsilon_i\end{aligned}$$

donde $\beta_i = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j i^j$. Si la TACE explica el caso español, las estimaciones de los coeficientes de regresión (β_i) deberían ser inicialmente crecientes hasta un número determinado de retardos, posteriormente decrecientes (también hasta un número concreto de retardos), y finalmente volver a mostrar valores crecientes. Esta evolución perfilaría un proceso de auge, recesión, recuperación y nuevo auge, inducido por la orientación y la intensidad de la política monetaria del BCE.

Los modelos de retardos distribuidos polinomiales (RDP) requieren la determinación de dos incógnitas: la longitud de los retardos (n) y el grado del polinomio (m) utilizado para estimar el valor de las betas. La lógica de los datos históricos recopilados y de la TACE apunta a que lo procedente sería

aplicar un polinomio de grado 3, con el objetivo de contemplar el proceso de auge insostenible, recesión, recuperación y nuevo auge inducido. En cuanto a la determinación del número de retardos, con objetivo de asegurar la consistencia estadística de los resultados, se recurre al valor de los criterios de información de Akaike, Schwartz y del R^2 ajustado. Después de varias pruebas, los mejores valores de los criterios de Akaike, Schwartz y del R^2 ajustado se obtienen para $n = 45$ y $m = 3$. Por tanto, se establecen cuatro modelos de retardos distribuidos polinomiales de grado 3 con 45 retardos.

Una vez establecidos los cuatro modelos, es necesario comprobar los supuestos de homocedasticidad, ausencia de multicolinealidad y de autocorrelación, con el objetivo de asegurar la robustez y la consistencia de los resultados. Las pruebas de heteroscedasticidad de Breusch-Pagan-Godfrey aseguran que los cuatro modelos cumplen con el supuesto de homocedasticidad. Por otro lado, los factores de inflación de las varianzas aseguran que todos los modelos cumplen con el supuesto de no multicolinealidad, sin embargo, los estadísticos de Durbin-Watson y los test LM de correlación serial ofrecen evidencia de que existe autocorrelación en los residuos. Por tanto, se hace necesaria la introducción de ciertos ajustes para evitar los problemas derivados de la existencia de autocorrelación residual. Con el objeto de homogeneizar los resultados de los cuatro modelos, se optó por la introducción de una variable autorregresiva AR(12). Una vez introducida, el resultado del estadístico Durbin-Watson permite aceptar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación.

Las columnas 2 a 4 de la Tabla 5, muestran la relación que existe entre las tres ratios que representan el comportamiento cíclico de la estructura productiva española y las variaciones retardadas del diferencial de tipos de interés. Estas columnas revelan que el efecto de un aumento del diferencial de tipos de interés es inicialmente positivo sobre estas ratios, pero se torna negativo cuando disminuye durante el proceso de ajuste espontáneo del mercado. Posteriormente, retorna a valores positivos cuando el BCE inicia una nueva expansión monetaria y genera un nuevo aumento del diferencial. Así, puede observarse que las betas presentan valores crecientes hasta los 12-16 retardos (meses) del diferencial de tipos de interés, lo que representa la fase de auge del ciclo (en la que se expanden las etapas de la estructura productiva más alejadas del consumo final en detrimento de las más cercanas). Sin embargo, a partir de ese momento las estimaciones de las betas se tornan decrecientes hasta los 31-34 retardos (meses), lo que caracteriza la fase de desaceleración y recesión del ciclo austriaco (en la que las etapas de la estructura productiva más alejadas del consumo final se deterioran con mayor intensidad que las más cercanas). Por último, las betas estimadas vuelven a presentar valores crecientes hasta los 45 retardos (meses), lo que implica que la economía entra en una nueva fase de auge artificial inducida por un nuevo proceso de expansión monetaria (que vuelve a elevar la pendiente de la curva de rendimientos) orquestado por el BCE.

Nótese que el ajuste del modelo es especialmente bueno para el comportamiento cíclico de la ratio ΔEP_{2t} (bienes de consumo duradero/bienes de consumo), con un R^2 ajustado superior a 0,90, lo que es consistente con la realidad de los hechos económicos, pues debe recordarse que el índice de bienes de consumo duradero español incluye la construcción, cuya burbuja y posterior estallido en 2007-2008 marcó el inicio de la crisis económica y financiera. Que la bondad del ajuste sea superior para esta ratio, implica que el efecto de las variaciones en la curva de rendimientos es especialmente significativo sobre el sector de la construcción, lo que es completamente previsible, pues gran parte de los préstamos y créditos de nueva creación se canalizaron a tipos artificialmente bajos hacia dicho sector.

De igual modo, la columna 5 revela la relación existente entre el comportamiento cíclico de la actividad agregada industrial y las variaciones retardadas del diferencial de tipos de interés. El efecto que la pendiente de la curva de rendimientos tiene sobre la actividad agregada industrial está representado por los valores que toman las betas. Los coeficientes de regresión presentan valores crecientes hasta los 13 retardos (meses) del diferencial de tipos de interés, lo que refleja la fase de crecimiento insostenible del ciclo austriaco. No obstante, a partir de ese momento las estimaciones se tornan decrecientes hasta los 33 retardos (meses), lo que constituye la fase de desaceleración y recesión del ciclo austriaco. Por último, las betas vuelven a presentar valores crecientes hasta los 45 retardos

(meses) del diferencial de tipos, lo que implica una nueva fase de auge insostenible orquestada por nuevos procesos de inflación monetaria del BCE.

Tabla 5. Efectos retardados del diferencial de tipos de interés sobre las ratios que representan la estructura productiva y sobre la actividad agregada industrial.

Coeficiente β_i	ΔEP_{1t}	ΔEP_{2t}	ΔEP_{3t}	ΔIPI_t
DIF _t	-0,87381***	-0,43508**	-0,4171**	-0,57391**
DIF _{t-1}	-0,66934***	-0,31018*	-0,29911*	-0,41462*
DIF _{t-2}	-0,487***	-0,19847	-0,17564*	-0,27291*
DIF _{t-3}	-0,32578***	-0,09936	-0,076	-0,14798
DIF _{t-4}	-0,18464***	-0,01225	0,0105	-0,039
DIF _{t-5}	-0,06255	0,06347	0,08453	0,05484
DIF _{t-6}	0,04152	0,12837*	0,14678***	0,13435**
DIF _{t-7}	0,12861***	0,18306***	0,19794***	0,20035***
DIF _{t-8}	0,19974***	0,22814***	0,23869***	0,25366***
DIF _{t-9}	0,25595***	0,26419***	0,26973***	0,2951***
DIF _{t-10}	0,29826***	0,29182***	0,29172***	0,32547***
DIF _{t-11}	0,32771***	0,31162***	0,30536***	0,34559***
DIF _{t-12}	0,34533***	0,32419***	0,31134***	0,35629***
DIF _{t-13}	0,35215***	0,33011***	0,31034***	0,35838***
DIF _{t-14}	0,3492***	0,32999***	0,30304***	0,35266***
DIF _{t-15}	0,33752***	0,32443***	0,29013***	0,33996***
DIF _{t-16}	0,31812***	0,31401***	0,27229***	0,3211***
DIF _{t-17}	0,29205***	0,29934***	0,25021***	0,29689***
DIF _{t-18}	0,26034***	0,281***	0,22458***	0,26814***
DIF _{t-19}	0,22401***	0,2596***	0,19608***	0,23568***
DIF _{t-20}	0,1841***	0,23573***	0,16539***	0,20031***
DIF _{t-21}	0,14164***	0,20998***	0,13321***	0,16285***
DIF _{t-22}	0,09766***	0,18296***	0,10021***	0,12413**
DIF _{t-23}	0,05319	0,15525***	0,06708*	0,08495*
DIF _{t-24}	0,00926	0,12745**	0,0345	0,04613
DIF _{t-25}	-0,03309	0,10016*	0,00317	0,00848
DIF _{t-26}	-0,07284	0,07397	-0,02624	-0,02717
DIF _{t-27}	-0,10896*	0,04949*	-0,05304	-0,06001*
DIF _{t-28}	-0,14041**	0,02729*	-0,07654*	-0,08923*
DIF _{t-29}	-0,16615**	0,00799*	-0,09605**	-0,11401**
DIF _{t-30}	-0,18518**	-0,00783**	-0,11091**	-0,13353***
DIF _{t-31}	-0,19644***	-0,01957**	-0,1204***	-0,14698***

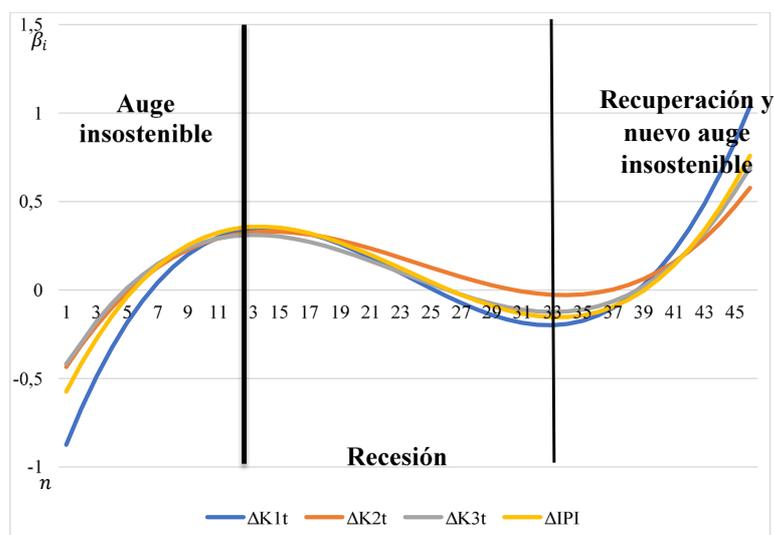
DIF _{t-32}	-0,19891***	-0,02664**	-0,12387***	-0,15355***
DIF _{t-33}	-0,19155***	-0,02843**	-0,12061***	-0,15241**
DIF _{t-34}	-0,17335**	-0,02435**	-0,10994**	-0,14275**
DIF _{t-35}	-0,14325**	-0,01382**	-0,09118**	-0,12376**
DIF _{t-36}	-0,10025*	0,00378*	-0,06364*	-0,09461**
DIF _{t-37}	-0,04329	0,02903*	-0,02663	-0,0545*
DIF _{t-38}	0,02864	0,06253	0,02052	-0,00261*
DIF _{t-39}	0,11658**	0,10487	0,0785	0,06189
DIF _{t-40}	0,22156***	0,15665*	0,148*	0,13979*
DIF _{t-41}	0,34461***	0,21847*	0,22971**	0,23193*
DIF _{t-42}	0,48677***	0,29092*	0,3243***	0,33912**
DIF _{t-43}	0,64906***	0,3746**	0,43247***	0,46216**
DIF _{t-44}	0,83251***	0,4701**	0,5549***	0,60188**
DIF _{t-45}	1,03816***	0,57802**	0,69228***	0,7591**
AR(12)	0.936023***	0.899012***	0.713064***	0.824977***
Constante	-0.099335*	-0.160972***	-0.114378***	-0.118905***
R ² ajustado	0.858081	0.910486	0.552995	0.672717
Estadístico F	111.8482	129.4053	23.68041	38.68347
p-valor (F)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Log-likelihood	181.1145	213.2275	188.4084	156.6701

*** 1%, ** 5%, * 10%.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 representa los efectos retardados del diferencial de tipos de interés sobre las tres ratios que aproximan la estructura productiva de la economía española y sobre la actividad agregada industrial. La figura permite visualizar la existencia de puntos de inflexión endógenos tanto en el impacto retardado de la pendiente de la curva de rendimientos sobre la estructura productiva como sobre la actividad agregada industrial. De este modo, la evolución de la estructura productiva española entre 2002 y 2014 permite constatar las hipótesis cuarta y quinta expuestas en el apartado 5, ya que se ha podido comprobar que el caso español responde a la concepción del ciclo expansivo-recesivo expuesto por la TACE.

Figura 4. Efectos retardados del diferencial de tipos de interés sobre las ratios que representan la estructura productiva y sobre la actividad agregada industrial.



Fuente: Elaboración propia.

8. Conclusiones y discusión

Esta investigación ha analizado la teoría de los errores de inversión inducidos por procesos de expansión monetaria y crediticia sin respaldo previo de ahorro voluntario real. La TACE establece que una expansión monetaria orquestada por el banco central solo tiene efectos positivos sobre la estructura productiva y sobre la actividad económica agregada a corto plazo. Sin embargo, en el medio y largo plazo, las restricciones de recursos reales asociadas a la fase de crecimiento insostenible y el desajuste intertemporal entre las decisiones de ahorro e inversión, harán que este efecto positivo revierta cuando el proceso de ajuste espontáneo del mercado vaya descubriendo y depurando los errores de inversión masivos acometidos en las etapas de la estructura productiva más alejadas del consumo final. Estas etapas producen bienes de capital y bienes de consumo duradero que exigen más tiempo para su maduración que el que los consumidores-ahorradores de la economía están dispuestos a esperar. Como resultado, una buena parte de la producción de estos sectores no será absorbida por los mercados observándose una fuerte acumulación no deseada de stocks.

Se ha pretendido trasladar la teoría austriaca del ciclo al ámbito de la economía aplicada a través del uso de técnicas econométricas, con el objeto de ilustrarla por medio de la caracterización de un episodio histórico concreto: el ciclo español del período 2002-2014. Recurriendo a la utilización de tests de causalidad de Granger y de modelos de retardos distribuidos polinomiales como los de Almon, se ha podido acreditar empíricamente que TACE ayuda a explicar los datos históricos observables durante el ciclo español de 2002-2014.

Por un lado, las pruebas de causalidad de Granger han permitido constatar que el comportamiento cíclico del agregado monetario M3 del BCE causa las variaciones en la pendiente de la curva de rendimientos española. Ésta, a su vez, causa las fluctuaciones cíclicas de la estructura productiva y de la actividad industrial agregada, confirmando los mecanismos de impulso del ciclo austriaco.

Por otro lado, por medio del empleo de modelos de retardos distribuidos polinomiales, se han identificado puntos de inflexión endógenos en el efecto que la curva de rendimientos española tiene sobre el comportamiento cíclico de la estructura productiva y de la actividad agregada industrial, mostrando de este modo que el ciclo de la economía española entre 2002 y 2014 podría responder a la caracterización del ciclo expansivo-recesivo de la Escuela Austriaca. Igualmente, también se habrían comprobado los mecanismos de propagación del ciclo austriaco, por los que un shock monetario del BCE se habría transmitido, con cierto retardo, a toda la economía real provocando distorsiones en la

estructura productiva de la economía española y oscilaciones cíclicas en su actividad industrial agregada.

Este estudio puede presentar limitaciones interpretativas, pues según la literatura estadística, las pruebas de causalidad de Granger implican predictibilidad incremental y no una causalidad directa. Sin embargo, aunque las pruebas de causalidad de Granger no supongan de manera infalible una relación causal entre las variables, sí aportan cierta evidencia empírica de ésta. De igual modo, se debe tener cuidado al interpretar las magnitudes obtenidas a través de los modelos de retardos distribuidos polinomiales. No obstante, tanto la significatividad como los signos de las estimaciones obtenidas, ofrecen una fuerte evidencia de que las características endógenas de auge y recesión de la TACE están presentes en los datos.

Por tanto, al estudiar mediante técnicas econométricas el caso del ciclo económico expansivo-recesivo español entre 2002 y 2014, la presente investigación halla evidencia empírica a favor de la TACE en este episodio histórico concreto (ilustrándolo, no usándolo a modo predictivo como sí pretende el *mainstream*). En tal sentido, y como guía de futuras líneas de trabajo, los resultados alcanzados pueden ayudar a profundizar en más estudios de estas características (v.g. comparaciones con otros países de la Eurozona) o fomentar la aplicación de métodos econométricos sobre la base de estudios no econométricos previos (v.g. Rothbard, 1963; Powell, 2002; Callahan & Garrison, 2003). Además, puede ayudar a enfatizar las características únicas de la TACE en relación con otras teorías del ciclo competidoras (teorías keynesianas y neokeynesianas, teorías monetaristas o teorías neoclásicas del ciclo real y del ciclo monetario, etc.) y a establecer puentes de comunicación con otras escuelas heterodoxas (institucionalistas y culturalistas), así como con parte del *mainstream* (vía los neo-institucionalistas).

Agradecimientos

Este artículo ha contado con el apoyo de GESCE-Universidad Rey Juan Carlos (URJC), GID-TICTAC CCEESS-URJC y INES-Universidad Internacional de la Rioja (UNIR).

Referencias

- Almon, S. (1965). The distributed lag between capital appropriations and expenditures. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 33(1), 178-196.
- Alonso, M.A. (2004). Una guía para el estudio de la Macroeconomía del Capital: ¿Existen razones para pensar que los ciclos recesivos responden a errores políticos y empresariales? *Procesos de mercado*, 1(1), 113-186.
- Alonso, M.A. (2005). Las teorías monetarias del ciclo en el marco de la literatura sobre ciclos económicos. *Revista Libertas*, 13(43), 1-28.
- Alonso, M.A., Bagus, P., & Rallo, J.R. (2011). La crisis subprime a la luz de la teoría austriaca del ciclo económico: Expansión crediticia, errores de decisión y riesgo moral. *Revista de Economía Mundial*, 28, 145-174.
- Alonso, M.A., Bagus, P., & Romero-Ania, A. (2013). Una ilustración empírica de la teoría austriaca del ciclo económico: el caso de Estados Unidos, 1988-2010. *Investigación económica*, 72(285), 41-74.

- Arnedo, E.G., Valero-Matas, J.A., & Sánchez-Bayón, A. (2021). Spanish tourist sector sustainability: Recovery plan, green jobs and wellbeing opportunity. *Sustainability*, 13(20), 11447. <https://doi.org/10.3390/su132011447>
- Bismans, F., Mougeot, C. (2009). Austrian business cycle theory: Empirical evidence. *The Review of Austrian Economics*, 22(3), 241-257.
- Böhm-Bawerk, E. (1884). *Geschichte und Kritik der Kapitalzins-Theorieen*. Innsbruck: Wagner'schen Universitäts-Buchhandlung.
- Böhm-Bawerk, E. (1888). *Positive Theorie des Capitals*. Innsbruck: Wagner'schen Universitäts-Buchhandlung.
- Cachanosky, N., Padilla, A. (2016). A Mathematical Version of Garrison's Model. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 19(3), 225-247.
- Cachanosky, N. (2017). Secular Growth in Garrison's Model: A Comment. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 40(5), 354-359.
- Callahan, G., Garrison, R. (2003). Does Austrian business cycle theory help explain the dot-com boom and bust? *The Quarterly Journal of Austrian Economics*, 6(2), 67-98.
- Carilli, A., Dempster, G. (2008). Is the Austrian business cycle theory still relevant? *The Review of Austrian Economics*, 21(4), 271-281.
- Ebeling, R. (2001). Austrian Macroeconomics: Review of Time and Money. *Quarterly Journal of Austrian Macroeconomics*, 4(3), 47-66.
- Engelhardt, L. (2009). Comment on 'A Capital-Based Theory of Economic Growth'. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 12(2), 60-62.
- Fisher, E.A. (2013). Monetary policy and capital-based macroeconomics: an empirical examination for the United States (1963-2012). *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 16(1), 45-74.
- Friedman, M., Schwartz, A. (2008). *A monetary history of the United States, 1867-1960*. Princeton: Princeton University Press.
- Friedman, M. (1968). The role of monetary policy. *The American Economic Review*, 58(1), 1-17.
- Friedman, M. (1993). The "plucking model" of business fluctuations revisited. *Economic Inquiry* 31(2), 171-177.
- Froyen, R.T. (1997). *Macroeconomía. Teoría y Políticas*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- García-Vaquero, M., Sánchez-Bayón, A., & Lominchar, J. (2021). European Green Deal and Recovery Plan: Green Jobs, Skills and Wellbeing Economics in Spain. *Energies*, 14(14), 4145. <https://doi.org/10.3390/en14144145>
- Garrison, R. (1978). *Austrian macroeconomics: A diagrammatical exposition*. Menlo Park: Institute for Humane Studies.
- Garrison, R. (1989). The Austrian theory of the business cycle in the light of modern macroeconomics. *The Review of Austrian Economics*, 3(1), 3-29.

- Garrison, R. (2006). Natural and neutral rates of interest in theory and policy formulation. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 9(4), 57-68.
- Garrison, R. (2001). *Time and Money. The Macroeconomics of Capital Structure*. London: Routledge.
- Granger, C. (1969). Investigating Causal Relation by Econometric and Cross-sectional Method. *Econometrica*, 37, 424-438.
- Hayek, F. (1929). *Monetary Theory and the Trade Cycle*. London: University of London.
- Hayek, F. (1931). *Prices and production*. London: Routledge.
- Hayek, F. (1941). *The Pure Theory of Capital*. London: Macmillan.
- Hodrick, R., Prescott, E. (1997). Postwar US business cycles: an empirical investigation. *Journal of Money, credit, and Banking*, 29(1), 1-16.
- Huerta de Soto, J. (1998). *Dinero, Crédito Bancario y Ciclos Económicos*. Madrid: Unión Editorial.
- Huerta de Soto, J. (2009). *The Theory of the dynamic efficiency*. London: Routledge.
- Hülsmann, J.G. (2001). Garrisonian macroeconomics. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 4(3), 33-41.
- Hutchison, T. (1956). Professor Machlup on Verification in Economics. *Southern Economic Journal*, 17, 476-83.
- Keeler, J. (2001). Empirical evidence on the Austrian business cycle theory. *The Review of Austrian Economics*, 14(4), 331-351.
- Le Roux, P., Levin, M. (1998). The capital structure and the business cycle: some tests of validity of the Austrian business cycle in South Africa. *Studies in Economics and Econometrics*, 22(3), 91-109.
- Lester, R.B., Wolff, J.S. (2013). The empirical relevance of the Mises-Hayek theory of the trade cycle. *The Review of Austrian Economics*, 26(4), 433-461.
- Lucas, R. (1972). Expectations and the Neutrality of Money. *Journal of Economic Theory*, 4(2), 103-124.
- Luther, W., Cohen, M. (2014). An empirical analysis of the Austrian business cycle theory. *Atlantic Economic Journal*, 42(2), 153-169.
- Machlup, F. (1931). *The Stock Market, Credit and Capital Formation*. London: Hodge.
- Machlup, F. (1936). Why Bother with Methodology? *Economica*, 3(9), 39-45.
- Menger, C. (1883). *Untersuchungen über die Methode der Socialwissenschaften, und der Politischen Oekonomie insbesondere*. Leipzig: Verlag.
- Mises, L. (1912). *Theorie des Geldes und der Umlaufsmittel*. Leipzig: Verlag.
- Mises, L. (1949). *Human Action: A Treatise on Economics*. New Haven: Yale Univ. Press.
- Mulligan, R. (2002). A Hayekian analysis of the term structure of production. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 5(2), 17-33.

- Mulligan, R. (2006). An empirical examination of Austrian business cycle theory. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 9(2), 69-93.
- Murphy, R. (2017). Is Garrison's notion of "secular growth" compatible with the Solow growth literature? *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 20(4), 336-353.
- Powell, B. (2002). Explaining Japan's recession. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 5(2), 35-50.
- Ravier, A., Cachanosky, N. (2015). Fiscal Policy in Capital-Based Macroeconomics with Idle Resources. *Journal of Private Enterprise*, 30(4), 81-95.
- Rothbard, M. (1957). In Defense of "Extreme Apriorism". *Southern Economic Journal*, 18, 314-320.
- Rothbard, M. (1963). *America's Great Depression*. New York: Van Nostrand.
- Rothbard, M. (1993). *Man, Economy, and State: A Treatise on Economic Principles*. Auburn: Ludwig von Mises Institute.
- Salerno, J. (2001). Does the concept of secular growth have a place in capital-based macroeconomics? *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 4(3), 43-61.
- Sánchez-Bayón, A. (2020). Renovación del pensamiento económico-empresarial tras la globalización. *Bajo Palabra*, 24, 293-318.
- Sánchez-Bayón, A. (2021). Balance de la economía digital ante la singularidad tecnológica: cambios en el bienestar laboral y la cultura empresarial. *Sociología y Tecnociencia*, 11(2). 53-80. https://doi.org/10.24197/st.Extra_2.2021.53-80
- Sánchez-Bayón, A. (2022a). ¿Crisis económica o economía en crisis? Relaciones ortodoxia-heterodoxia en la transición digital. *Rev. Semestre Económico*, 11(1), 54-73.
- Sánchez-Bayón, A. (2022b). From Neoclassical synthesis to Heterodox synthesis in the digital economy. *Procesos de Mercado*, 19(2), 277-306. <https://doi.org/10.52195/pm.v19i2.818>
- Sánchez-Bayón, A., González-Arnedo, E., & Andreu-Escario, A. (2022). Spanish Healthcare Sector Management in the COVID-19 Crisis Under the Perspective of Austrian Economics and New-Institutional Economics. *Frontiers in Public Health*, 10, 801525. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.801525>
- Sánchez-Bayón, A., & Castro-Oliva, M. (2022). Historia de la reciente deflación del capital y los salarios en España. *Iberian Journal of the History of Economic Thought*, 9(2), 111-131. <https://doi.org/10.5209/ijhe.82760>
- Sánchez-Bayón, A., & Castro-Oliva, M. (2023). Gestión heterodoxa de crisis económicas periódicas: Desarrollos de la teoría austriaca del ciclo y del capital. *Economía & Negocios*, 5(1), 19-51. <https://doi.org/10.33326/27086062.2023.1.1594>
- Selgin, G., Beckworth, D., & Bahadir, B. (2015). The productivity gap: Monetary policy, the subprime boom, and the post-2001 productivity surge. *Journal of Policy Modeling*, 37(2), 189-207.
- Wainhouse, C. (1984). Empirical Evidence for Hayek's Theory of Economic Fluctuations. In *Money in Siegel, B. (ed.). Crisis: The Federal Reserve, the Economy, and Monetary Reform*. San Francisco: Pacific Institute for Public Policy Research, pp. 37-71.
- Wicksell, K. (1898). *Geldzins und Güterpreise*. Jena: Gustav Fischer.

- Young, A. (2005). Reallocating labor to initiate changes in capital structures: Hayek revisited. *Economics letters* 89(3), 275-282.
- Young, A. (2009a). A capital-based theory of secular growth. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 12(1), 36-51.
- Young, A. (2009b). A Capital-Based Theory of Secular Growth: Reply to Engelhardt. *Quarterly Journal of Austrian Economics*, 12(2), 63-67.
- Young, A. (2011). The time structure of production in the US, 2002-2009. *The Review of Austrian Economics*, 25(2), 77-92.



A multilevel approach to understanding the relationship between entrepreneurship and the urban environment: empirical evidence from Colombia

ARISTIZÁBAL, JUAN

Universidad de Manizales (Colombia)

Correo electrónico: jm.aristizabal@umanizales.edu.co

TARAPUEZ, EDWIN

Universidad del Quindío (Colombia)

Correo electrónico: eitarapuez@uniquindio.edu.co

HIDALGO, MARIO

Universidad de Nariño (Colombia)

Correo electrónico: mariohidalgo@udenar.edu.co

ABSTRACT

This document explores the relationship between the structure of cities and entrepreneurial intention EI, supporting empirical evidence of the incidence of exogenous regional factors on business activities. From a sample of Master Business Administration (MBA) students in fourteen cities in Colombia, EI is studied in an urban setting using a two-level binary logistic regression with random intercepts. The purpose of this document is to show empirical evidence for Colombia of the influence of the urban structure on entrepreneurial intention EI, disaggregating hard and soft factors and controlling the initial endowments of a sample of MBA students. At the individual level, EI is driven by gender, age and the presence of family entrepreneurs. In relation to the educational level of the fathers, the EI of the students is not being influenced by the academic training of the mothers. In the same way, our results suggest that the approximate urban structure of cities through hard and soft amenities stimulates EI in MBA students. Our results suppose systematic evidence in order to adapt the business ecosystem to the form and urban conditions of the main cities in Colombia.

Keywords: entrepreneurship; amenities; hard factors; soft factors; Colombia.

JEL classification: L26, O18, J24.

MSC2010: 62J02, 97K80, 03H10.

Un enfoque multinivel para comprender la relación entre la intención empresarial y el entorno urbano: evidencia empírica para Colombia

RESUMEN

Este documento explora la relación entre la estructura de las ciudades y la intención empresarial IE soportando evidencia empírica de la incidencia de factores exógenos regionales en la actividad empresarial. De esta forma, a partir de una muestra de estudiantes de Maestría en Administración (MBA) en catorce ciudades de Colombia, se estudia la IE en un escenario urbano usando una regresión logística binaria de dos niveles con intercepto aleatorio. El propósito de este documento es mostrar evidencia empírica para Colombia de la influencia de la estructura urbana en la IE, desagregando factores duros y blandos y controlando las dotaciones iniciales de una muestra de estudiantes de MBA. A nivel individual, la IE está impulsada por el género, la edad y la presencia de empresarios familiares. En relación con el nivel educativo de los padres, la IE de los estudiantes no está siendo influenciada por la formación académica de las madres. De la misma manera, nuestros resultados sugieren que la estructura urbana de las ciudades aproximada a través de amenidades duras y blandas estimula la IE en los estudiantes de MBA. Nuestros resultados suponen evidencia sistemática para adecuar el ecosistema empresarial a las condiciones urbanas de las principales ciudades de Colombia.

Palabras clave: intención empresarial; amenidades; factores duros; factores blandos; Colombia.

Clasificación JEL: L26, O18, J24.

MSC2010: 62J02, 97K80, 03H10.



1. Introduction

Recent studies on entrepreneurship suggest evidence regarding the heterogeneity of the phenomenon in the territory (Bosma & Sternberg, 2014; Roundy, 2017; Reissova et al., 2020) and therefore, this evidence exposes the importance of the characteristics of the regional economy in which the individual lives and performs their work and academic activities (Bosma & Sternberg, 2014). In this sense, the related literature has documented various incidence factors, which range from physical factors to the role of the attractiveness of urban places and other amenities that cities present (Storper & Scott, 2009; Audretsch & Belitski, 2017). In fact, according to Acset al. (2013), the ability to transform knowledge into economic knowledge implies not only a set of initial endowments of the individual, but also a local proximity to the source of knowledge. In this document, the knowledge variable is treated in a broader sense, proposed by Acs et al. (2010). In this way, the concept refers to the availability of information and business opportunities.

In general terms, the understanding of the contextual factors that affect entrepreneurial intention (IE) has prompted extensive cross-national research (Liñán & Chen, 2009; Munir et al. 2019), which has revealed empirical evidence about the differences in EI between developing and developed countries (Baluku et al., 2019). The results show consensus on higher EI in higher income countries. According to Aparicio et al. (2016) and Martínez-Fierro et al. (2016) the best performance in this group of countries could be explained by the quality of their institutions, the best infrastructure for entrepreneurship and the best financing mechanisms. In the same context, El Harbi and Anderson (2010) attribute the differences in the two groups of countries to the difficulties in finding salaried jobs in developing countries.

In line with the above, according to Audretsch and Belitski (2017), physical elements such as infrastructure and services (green spaces, theaters, museums, cinemas, cafeterias and art galleries) promote or limit the interaction between the agents of the entrepreneurial ecosystem. In fact, Audretsch et al. (2015) conclude that these elements promote the recognition of opportunities by the individual. In this context, in a seminal work in the area, Van de Ven (1993) states that entrepreneurs by themselves are not capable of controlling all the resources, institutions and commercial functions that are required for the development of a business idea. In relation, recent systematic evidence explains business decisions in a broader context that allows the consideration of spatial, social, economic and organizational dimensions (Zahra, 2007; Zahra et al., 2014; Woolley, 2017).

In consideration, in this study the key idea is that entrepreneurship should be studied in a local context, where entrepreneurship emerges. Thus, we propose to analyze the entrepreneurial intention (EI) in Master Business Administration (MBA) students in Colombia as a notion embedded in an urban-regional framework. Thus, we estimate the probability of EI in a student given their initial endowments and the effects of the city's structure, including soft and hard factors. Considering the foregoing idea, this document contributes to the literature in question from different points of view. First, the study provides empirical evidence in relation to the regional heterogeneity of EI in the case of Colombia, a developing country. Second, the regional approach is incorporated through the physical infrastructure and amenities of the places, supporting systematic evidence on the capacity of cities to develop a geographic community on the approach of new business ideas.

To this end, the empirical strategy is based on a multilevel econometric approach. Thus, this article uses data at the individual level of MBA students distributed in 14 Colombian cities. These data are combined with aggregated information at the city level on the amenities and physical infrastructure of the municipalities. In this way, the approach of the hierarchical model allows to establish the degree to which the EI of the individual is involved in regional characteristics.

According to our results, at the individual level, EI is driven by gender, age and the presence of family entrepreneurs. In relation to the educational level of the fathers, the EI of the students is not being influenced by the academic training of the mothers. In the same way, our results suggest that the approximate urban structure of cities through hard and soft amenities stimulates EI in students.

2. Theoretical background

Intentions are assumed as an aspect with the ability to predict human behavior reliably in multiple everyday situations, so that they can capture the motivational factors that influence the behavior of individuals (Summers, 2000). In this way, the field of intentions deals exclusively with the self-instruction of people to behave in a certain way (Landis et al., 1978). However, it is possible to extend its focus to the sum of all the conscious motivational attributions of human beings to perform deliberate actions (Triandis, 1977; Nuseir et al, 2020). In this sense, according to what Ajzen and Fishbein (2005) expressed, individual intentions arise from broad objectives that can be achieved through multiple and sustained behaviors, although their results are not entirely controllable since they may also require support from other individuals and external resources. In this way, as stated by Summers (2000), EI training is fundamental at making the decision to create a business, consequently, intention-based models have a meaningful potential to explain the entrepreneurial process early, even before the company arises.

The term EI has been used imprecisely to include a number of related but different concepts, such as career guidance, career aspirations, emerging entrepreneurs, self-employment perspective and the wish to have one's own business, among others (Thompson, 2009; Nuseir et al., 2020). In this sense, Thompson (2009) assumes specifically that EI forms a conviction recognized in an autonomous way by those who have the sensible purpose of founding a company and plan to do so in the future, that is, that EI refers to a prior stage to the creation of the company. In a complementary way, Bird (1988) points out that EI has attracted more and more attention as a key factor in predicting the behaviors of new business creation. In this sense, he defines EI as a state of mind that directs the attention, experience and individual actions of people towards the creation of a new company, as a specific way of voluntary and conscious behavior. This paper assumes that EI corresponds to an individual's plans to become an entrepreneur in the future.

In the study of the EI, the use of the Theory of Planned Behavior of Ajzen (1991) stands out. However, there are other theories that have begun to be used in his study, some of them highlight such as Schneider's Attraction-Selection-Attrition (Hsu et al., 2017), Cognitive Adaptability (Botha & Bignotti, 2017), the Cognitive Social Career (Dehghanpour, 2015), the Action Phase (Van Gelderen et al., 2017), Social Identity (Sieger et al., 2016), Motivation, Opportunity and Capacity (García et al, 2017), Behavioral Reasoning (Miralles et al., 2017) and Social Role (Tsai et al., 2016), among others.

Moreover, when trying to define what a city is, there is an apparently endless list of physical characteristics, human experiences, and urban images, however there are three aspects that can be definitive in this concept: a) how the essential elements of the city are produced, b) how they interact with each other or how they separate, and c) what are the consequences of these interactions or separations (Pile, 1999). Meanwhile UN-Habitat (2020) assumes that the city has become a positive and powerful force to promote sustainable economic growth, development and prosperity. Cities also encourage innovation, consumption and investment in developed and developing countries, and are spaces through which most of the challenges of this century can be addressed, such as poverty, inequality, unemployment, environmental degradation and climate change, among others, although the objectives set are not always achieved.

For most of the twentieth century, the structure of urban society was organized around the link between home and workplace. However, recent changes in information technologies altered the relationship between these two aspects. The growing increase in home work and the ability to use complex technologies without having to regularly go to a specific location, are factors that altered this relationship, at least for a segment of the population (Clark, 2015), without mentioning the most obvious effects that the COVID-19 pandemic had on the work-home relationship.

In this way, many activities benefit from being socially rooted in a specific place, in which the important relationships that have been formed over time support the competitiveness of companies and economic sectors. The spatial scale of these "places" can be quite vague in these types of situations, but

it is usually equated to the city or region. Even a micro-geographic site like the neighborhood can be defined as a small number of surrounding households or as a segment of a city. In this sense, there is still some confusion because the measures of neighborhood are highly correlated with those of other scales (Bailey, 2015).

Drawing on the pioneering work of Marshall (2009) on urban agglomerations as a mechanism for the accumulation of skilled labor and the contributions of Florida (2005) in relation to the link between the creative class and the city structure, the study of the causality of urban factors on EI has emerged as a prominent field of research. Meanwhile, in line with Stam (2015), the formation of EI is influenced by the development of the individual's own capacities and by regional objective factors. Thus, business behavior is motivated by the environment, institutions, market opportunities and resources that limit the preferences and capabilities of individuals. In this way, cities become places of convergence of economic agents that promote agglomeration (Ghani et al., 2014; Cabrera, 2019).

Thus, Zheng (2016) finds that young people with different educational levels prefer cities with more inhabitants, lower population density, more educated residents, racial diversity, lower income inequality and warmer Winter. In this sense, there is a regional dimension that complements the study of entrepreneurship, in such a way that the EI is conditioned by the demographic, economic, labor market characteristics of the region and by the levels of its business activity (Kibler et al., 2014), while entrepreneurial action also depends on the local context in which it is necessary to recognize the different histories, cultures, rules of each area and the different subjective meanings that entrepreneurs attribute to it.

Furthermore, recent considerations have discussed the role played by the regional environment on business activity (Capelleras et al., 2018; Audretsch et al., 2019; Del Monte et al., 2020). In fact, according to Audretsch and Keilbach (2008), the ability of regions to reap the benefits of entrepreneurship depends largely on their ability to convert knowledge into innovation through its diffusion. In a complementary way, Huggins and Thompson (2015) consider that network capital (investments in strategic relationships to access knowledge) mediates the relationship between entrepreneurship and regional growth based on innovation, although peripheral regions are characterized by low innovative dynamism (García et al., 2017). Thus, a localized institutional approach can be an appropriate way to have higher knowledge about the factors that determine business behavior in a specific context, to the point of assuming that entrepreneurship is a process that depends on the geographical place where it originates (Lang et al., 2013). On the other hand, the regional social legitimacy of entrepreneurship can be understood as the convergence of regional beliefs that entrepreneurial activity is desirable, adequate or appropriate, and that it influences the degree to which a region provides a favorable environment to the rise of entrepreneurial behaviors (Kibler et al., 2014), since social interactions constitute a mechanism by which local entrepreneurship persists over time (Andersson & Larsson, 2014).

In relation, empirical works on regional or contextual causes have gained importance in explaining changes in business decisions (Bosma & Sternberg, 2014). In this sense, Cabrera (2019) argues that the permanent adaptation of the built urban landscape, urban redesign, the complexities of real estate speculation and the search for new spaces for innovation constitute the modern challenges of the synergies between EI and city structure. In this way, Audretsch et al. (2019) suggest that the factors that influence business initiatives are disaggregated into exogenous factors (climatic conditions, geographical proximity to rivers and coasts) and endogenous (transport infrastructure, quality of housing and conditions of security).

In explaining the hard factors, Capelleras et al. (2018) treat population density as a key regional element. This in so far as it determines the structure of opportunities to be perceived from the point of view of demand and, on the other hand, determines the attitudes of individuals towards entrepreneurship. In addition, the increase in the urban population is accompanied by a significant growth in consumption and production patterns (Kummitha, 2019), while the formation of new companies in urban regions

tends to be negatively influenced by the change in population density, while the impact in rural regions remains positive (Delfmann et al., 2014).

Meanwhile, although a specific transmission mechanism between business dynamics and population density is not perceived, in line with Adedeji et al. (2020), the concentration of people is a natural control on EI given that it determines the markets of consumption and the general availability of workers; likewise, population density has also been linked to stronger knowledge flows. In a complementary way, Ikeda (2012) argues that those city structures that reduce the average distance between economic agents increase the flows of relevant knowledge from the business point of view.

However, according to Delfmann et al. (2014), more than population density, age structures are the aspects that determine business initiatives considering the life cycles that enhance their development (Aristizábal et al., 2020). In a complementary sense, Roundy (2017) highlights the prevalence of small cities globally and the growing recognition that entrepreneurship in these cities is a key determinant of their economic development. In this research we approximate the population density through the number of supermarkets per km² and the number of passengers mobilized in public transport.

On the one hand, the replacement of traditional supermarkets by modern supermarkets has become a popular urban development strategy in many cities in countries such as China (Chen & Liu, 2018). On the other hand, the approximation to population density through the number of passengers mobilized in public transport is consistent with the stylized facts that link the role of transport infrastructure in business decisions. Thus, the best transport infrastructure, in addition to reducing connectivity barriers, improving communication flows and information exchange, enhances the development of business activities. Along these lines, Ma et al. (2021) argue that the best transport infrastructure in addition to facilitating face-to-face interactions makes it possible for people to work and live in different cities. In application to the Colombian case, the previous mention is relevant given the proliferation of commuter cities. However, Audretsch et al. (2015) conclude that in terms of information flow, improvements in connectivity to an internet network are more relevant. From a broader approach, Ajide (2020), finds that infrastructures play an important role in improving business development. Specifically, it shows that transport, electricity, water and sanitation, information and communications technology ICT and broadband have a positive and significant effect on business creation.

On the other hand, recent literature has dealt with soft assets or amenities to explain the variations in business activity in a city. This group includes social and environmental factors and, in general, all the attractions that make up cities (Huggins & Thompson, 2015; Audretsch & Belitski, 2017), including cultural aspects such as art galleries, museums, operas and other heritage assets (Bauer et al., 2015). In relation to the attractiveness of cities includes a better public space capable of stimulating the consumption trends of the middle class and encouraging tourism. In fact, for the Colombian case, the "Colombia is passion" campaign was created in 2005, the purpose of which was to promote intangibles such as the sense of belonging in order to attract tourists and investors.

In the group of soft factors, the impact of culture on urban economies has been recently documented (Florida et al., 2016; Greffe, 2016; Qian & Liu, 2018). Thus, in a more general framework, the institutional environment masks persistent patterns such as legal aspects or social norms and values that affect the EI or characteristics of the institutional profile of each country (Dehghanpour, 2015). In a complementary way, the business culture of a village has an evolutionary origin and changes over time as the local "collective result" of individual decisions (Andersson & Larsson, 2014).

In this sense, the concentration of cultural goods and services channels a critical mass that facilitates the growth of creative economies and, therefore, EI (Patterson & Silver, 2015). Along these lines, Del Monte et al. (2020) argue that creative people are attracted, among other elements, by cultural amenities. For this reason, in this document we control the cultural elements associated with EI through a metric of goods of cultural interest, even more so when the cultural economy, which analyzes the

production, distribution and reception of symbolic content, is dominated by the welfare economy (Grefe, 2016) and also entrepreneurs constitute a crucial link between creative activities, change and economic development (Heebels & Van Aalst, 2010)

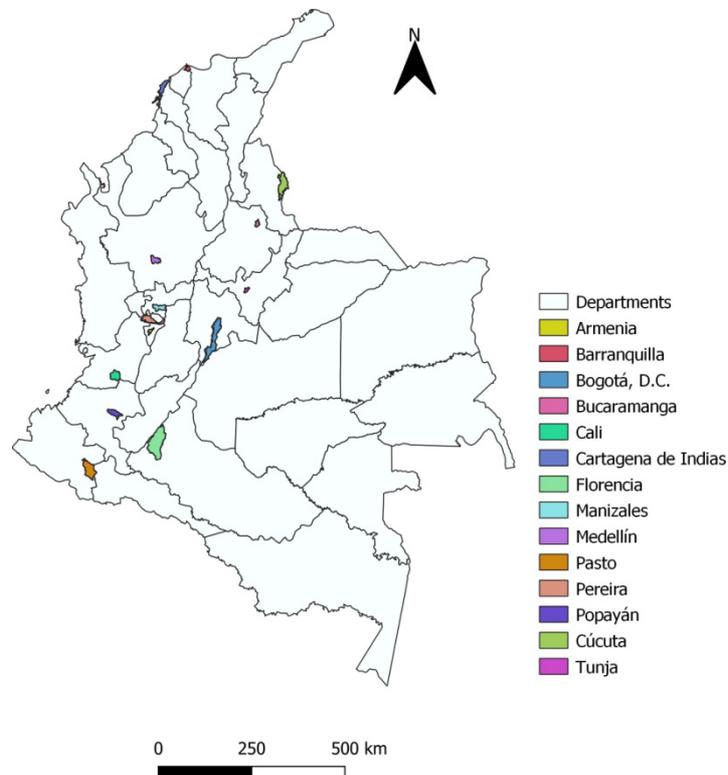
In continuity, according to He et al. (2019) the services and space for leisure are equivalent to the lifestyle services exposed by Florida et al. (2016). Therefore, cities are more attractive for the creative class and in general, for entrepreneurs due to the climate of entertainment and leisure. In fact, following the idea of Neff et al. (2005), public spaces for leisure constitute an important mechanism for establishing networks and other alternatives for the exchange of knowledge. Audretsch and Belitski (2017) mention the importance of the attractiveness and culture of cities to create an enabling environment in which competition, creativity and entrepreneurship flourish. Thus, in this document we control the square meters of leisure parks per capita as a soft factor that influences business intent.

3. Data and descriptive statistics

3.1. Study area

This document uses data from Colombia, a South American country member of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). In 2018, Colombia had a population of approximately 48 million inhabitants and an area of 1.2 million km². In relation to its political-administrative organization, Colombia is divided into 32 provinces plus Bogotá as the Capital District (CD). According to Aristizábal and García (2020), this country shows a marked regional heterogeneity in cultural, economic and social terms.

Figure 1. Study area.



Source: Own elaboration.

The database used in this study is cross-sectional and was built from primary and secondary information. In particular, 36 MBA programs in Colombia distributed in 14 capital cities (Armenia, Barranquilla, Bogotá D.C., Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Manizales, Medellín, Pasto, Pereira, Popayán, Florencia and Tunja) were analyzed. In this way, information was consolidated for 485 students. The methodological instrument from which information about the initial endowments and characteristics of the individual is captured has been previously validated by Tarapuez et al. (2015).

3.2. Data and descriptive statistics

In the variables referring to the initial endowments of the individual, first, a binary variable was included to control the effects of gender (1 refers to males). In continuity, a new dichotomous variable was used to operationalize the membership of an entrepreneur friend or family member. For its part, age was considered under the underlying relationship between the life cycle of the individual and the probability of starting a business. Finally, the effects of human capital endowments were controlled; for this purpose, binary variables were incorporated to control the educational level of the parental group (1 refers to graduated parents). Table 1 shows the descriptive statistics of the first-level variables used in the estimates.

Table 1. Descriptive statistics on individual level.

Variable	Frequency (%)
Gender (1 = Male)	55.67
Family businessman (1= Yes)	46.19
Friend businessman (1= Yes)	57.73
Father education (1 = Graduate)	58.56
Mother education (1 = Graduate)	29.69

Source: Own elaboration.

On the other hand, to analyze the effects of the hard and soft factors of the cities on the entrepreneurial intention, four variables were incorporated at the city level. The proxy variables for the selected hard factors were the number of supermarkets per km² and the number of passengers moved by public transport (Audretsch et al., 2019). The elements considered in the case of amenities or soft factors were the number of m² of leisure parks per inhabitant and assets of cultural interest. The information on the number of supermarkets per km² and the number of m² of leisure parks per inhabitant was obtained from base maps, superimposing layer data and displaying geographic information of interest. On the other hand, the number of passengers mobilized by public transport and goods of cultural interest has been taken from the Cities Competitiveness Index (CCI) prepared by the Private Competitiveness Council (PCC) of Colombia.

Table 2 shows the main descriptive statistics of the variables under analysis for the selected cities. Additionally, Figures 2 and 3 shows the relationship between an indicator of EI constructed from the instrument applied to students and a variable selected for each group of factors.

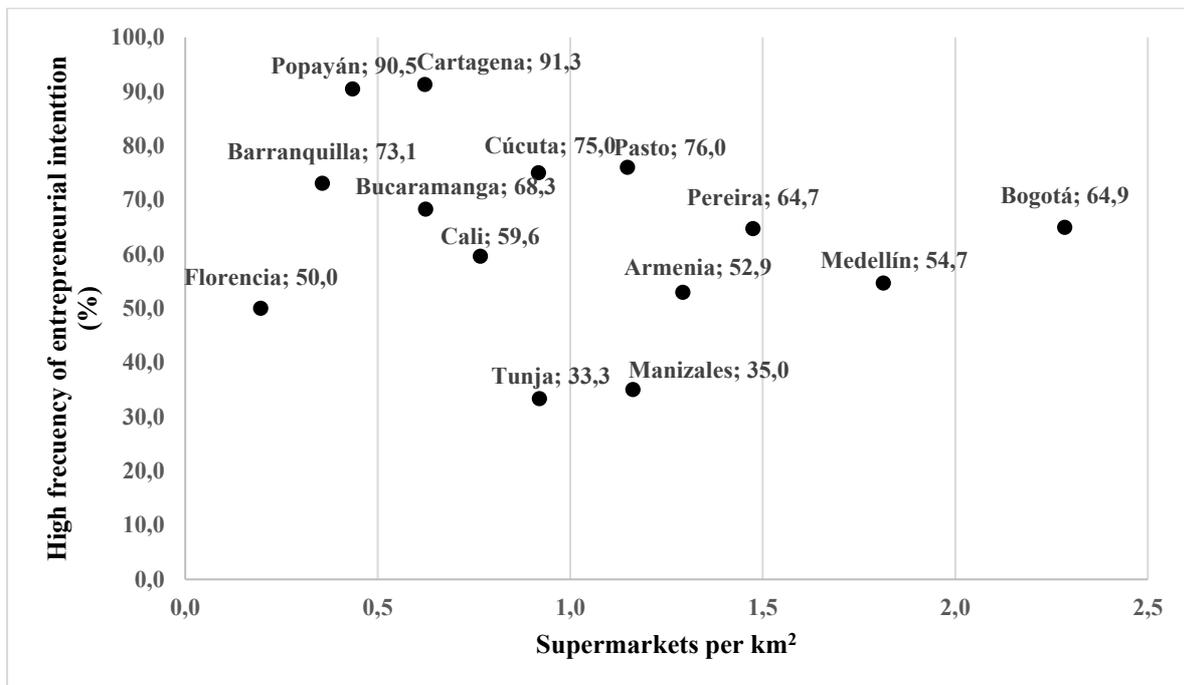
Figure 2, presented for descriptive purposes, shows that Bogotá and Medellín, the two most important cities in the country in terms of population and participation in gross domestic product (GDP), exhibit the highest number of supermarkets per km². In association with EI, these cities are below coastal cities such as Cartagena and Barranquilla and other border regions (for example, Cúcuta and Pasto). In contrast, the city of Florencia (Province of Caquetá) located on the limits of the Amazon region has the lowest number of supermarkets per km². In addition, this city is in the group of the 3 cities with the lowest EI within the sample. The relationships in question are shown in Figure 2.

Table 2. Descriptive statistics on city level.

Variable	Mean	SD	p25	Median	p75	Min	Max	CV
Hard Factors								
No. supermarkets per km ²	1.31	0.66	0.76	1.16	1.81	0.19	2.28	0.50
Passengers mobilized by public transport	1.89	0.69	1.37	2.00	2.30	0.73	2.99	0.36
Soft Factors								
No. mts ² to leisure per capita	2.61	2.30	1.34	1.69	2.83	0.40	8.35	0.88
Goods of cultural interest	21.15	23.91	10.41	13.15	18.83	5.41	97.65	1.13

Source: Own elaboration based on CPC (2016) and Map service.

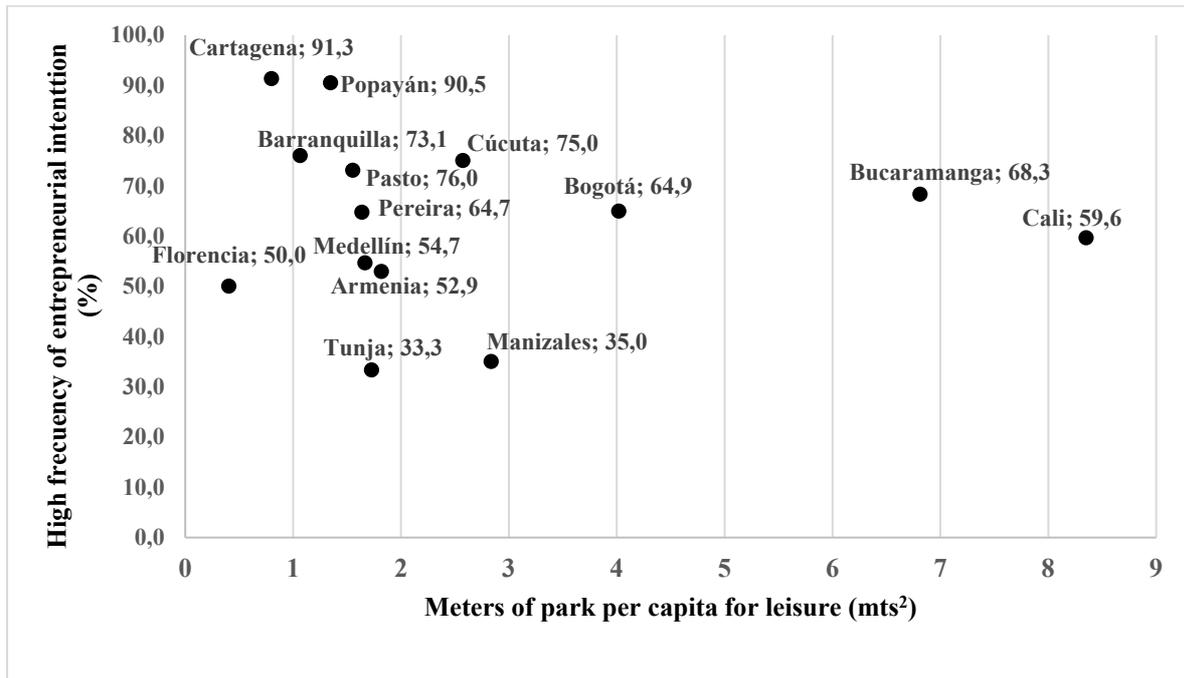
Figure 2. Relationship between EI and supermarkets per km².



Source: Own elaboration.

The relationship envisaged in Figure 2 raises two preliminary questions. First, the diversity generated by these large cities, expressed in the high rates of population density, makes it possible to gather likes, knowledge, needs, preferences and provisions. Thus, the spatial concentration of the population in an area stimulates a higher density of supermarkets. In particular, the cities with the highest population density generate a wide range of possibilities for observations before starting new projects. Second, the higher concentration of supermarkets reflects changes in income levels based on new consumption patterns. In this regard, the literature has indicated that entrepreneurship flourishes due to income flows (Moore et al., 2020). On the other hand, Figure 2 presents the relationship between EI and the indicator of m² of leisure parks per capita.

Figure 3. Relationship between EI and meters of park per capita for leisure.



Source: Own elaboration.

In contrast, an inverse relationship is configured in reference EI, which confirms that public parks in cities, far from transforming the essential qualities of the contours and automatically animating neighborhoods, are drastically affected by how they act on them. In this way, Figure 3 exposes a certain connection between the EI of students and cities with fewer square meters of park for leisure. This can be seen in the case of coastal cities such as Cartagena and Barranquilla; Pasto, a peripheral city on the Pacific coast, also denotes this association. In consideration, it is inferred that, in general, the parks in the main cities in Colombia are embedded in an outline of functional monotony, which makes these spaces inexorably empty places, discouraging animation and variety and reducing behavior both social and economic of cities.

4. Empirical strategy

The data used in this document is cross-sectional and hierarchically grouped at the city level. In this logic, following the strategy used by Estrin et al. (2013), Autio et al. (2014), Bosma and Sternberg (2014) and Stuetzer et al. (2014), hierarchical linear modeling methods are used. The selection of the empirical strategy is based on the fact that traditional multivariate econometrics assumes the independence of the observations. Thus, according to Autio and Wennberg (2010), the hierarchical structure captures the way in which the environment affects the decisions of the individual.

Having stated the above, to estimate the probability of EI in a student given their initial endowments and the effects of the city's structure, including soft and hard factors, we estimate a hierarchical logistic model at two levels. According to Arrak et al. (2020), logistic regression allows evaluating the influence of independent variables on the probability of the appearance of binary dependent variables. In addition, random effects are included in the model to capture the importance of the heterogeneity of the structure of cities in Colombia.

In particular, this econometric specification enables the link between individuals and their interaction with the city ecosystem. In this way, level 1 contains information on the characteristics of the individuals. In this group, aspects such as age, gender, membership of business friends or family

members, and the mother's educational stock are controlled. On the other hand, level 2 groups the information at the city level regarding the factors that influence the EI of individuals in level 1. In consideration, the controls of the second level group include hard factors (passengers mobilized in public transport and the number of supermarkets per km²) and soft factors (cultural interest goods and square meters of leisure parks per capita).

Following the strategy of Schmutzler et al. (2019) and Cueto et al., (2020), we estimate a two-level logistic regression model with a random intercept. With this specification, at level 1 individuals ($i = 1, \dots, n$) are identified, nested in j cities ($j = 1, \dots, J$) at level 2. Equation 1 describes the empirical strategy.

$$\Pr(y_{ij} = 1 | x_{ij}, \xi_j^2) = \beta_1 x_{ij} + \dots + \beta_n x_{nj} + \xi_j^2 \quad [1]$$

In equation 1, $\xi_j^2 \sim N(0, \psi^2)$, refers to the random intercept which captures the heterogeneity in level 2. From the above, ξ_j^2 is assumed independent between cities. In addition, $x_{ij} = (x_{ij1}, \dots, x_{ijnj})$ is a vector that contains the set of previously defined characteristics of the individual. Finally, y_{ij} , is a dichotomous variable constructed from the EI revealed by the students. Equation 2 defines the decision rule.

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } y_{ij}^* > 0 \\ 0 & \end{cases} \quad [2]$$

In consideration, according to Cueto et al. (2020), equation 1 can be written as a latent variable model. Its representation is exposed in equation 3.

$$y_{ij}^* = \beta_1 x_{ij1} + \dots + \beta_n x_{ijnj} + \xi_j^2 + \varepsilon_{ij} \quad [3]$$

where ε is a standard logistic distribution with variance $\pi^2/3$ y β_n refers to the parameters to be estimated.

5. Results and discussion

In order to calculate the direct effects of the hard and soft factors on the EI of the students and at the same time, capture the regional heterogeneity of the environmental factors in Colombia, a specification of random effects in the intercept is chosen. The estimates were made in Stata software. Thus, according to Aguinis et al. (2013), whenever the analysis units are nested at a higher level, the random intercept facilitates the interaction between the levels.

To verify that the intercepts are independent and vary between cities, the variance was estimated from a null model (Model 1st, Table 3rd). According to Hox et al. (2017) and Sohns and Revilla (2018), the model without explanatory variables decomposes the variance between the individual and city levels, separately. In this logic, the intra-cluster coefficient (individual level = $\sigma^2_{i1} / (\sigma^2_{i1} + \sigma^2_{j1})$) is analyzed, which, according to Hox et al. (2017) compares the variance at the group level in relation to the total variance. According to the ICC, 11.6 % of the students' EI can be explained by the presence of the city factors.

In this case, the results expose the relevance of the hierarchical model to another specification among the family of standard multivariate methods. In continuity, the model incorporates the endowments of individuals. In addition, city-level controls are presented in models 3rd, 4th and 5th. Thus, models 3rd and 4th capture the contribution of hard and soft factors, respectively, on the dependent

variable. Finally, model 5th incorporates the combined effects of both soft and hard factors on students' EI.

In relation to the specification of models 3rd and 5th, the likelihood ratio test is statistically significant. The above denotes a better specification once the effects of hard and soft factors on students' EI are incorporated. In addition, although there are no clear indications of significant increases in the Pseudo-R² statistic when city effects are incorporated into EI, according to Nakagawa and Schielzeth (2013), this behavior is natural in hierarchical structures. Similar behavior of Pseudo-R² is also observed in the work of Schmutzler et al. (2019).

The analysis of the set of factors at the individual level that affect EI shows the expected signs. Thus, the results denote a higher probability of EI in the case of males. This is consistent across all models, even when city effects are incorporated. Similar results have been documented in the work of Chipeta et al. (2020). For its part, the sign obtained for age is the expected one and consequently, the results of the model corroborate the presence of a life cycle in the development of business initiatives, the highest probability of which is documented in the 31-40 age group. Similar findings are documented in the works of Aristizábal et al. (2021).

Table 3. Multilevel binary-logistic regression results.

	Model 1st	Model 2nd	Model 3rd	Model 4th	Model 5th
	Odds ratio				
Individual characteristics					
Gender (1 = Male)		2.031*** (0.205)	2.023** (0.203)	2.034** (0.204)	2.008** (0.190)
Age (1 = 31–40 years old)		1.113* (0.723)	1.165* (0.512)	1.107* (0.749)	1.112* (0.875)
Family entrepreneurs (1= Yes)		3.690*** (0.851)	2.983** (0.881)	3.016** (0.862)	3.45** (0.879)
Father education (1 = Graduate)		0.991* (0.639)	1.079 (0.705)	1.095* (0.412)	1.118* (0.488)
Mother education (1 = Graduate)		1.001 (0.076)	1.000 (0.091)	1.019 (0.078)	1.094 (0.138)
Hard factors					
No. supermarkets per km ²			-0.876* (0.058)		-0.861* (0.056)
Passengers mobilized by public transport			1.126* (0.002)		1.591* (0.091)
Soft factors					
No. <i>mts</i> ² to leisure per capita				0.913 (0.634)	-0.910* (0.592)
Goods of cultural interest				1.657** (0.519)	1.583* (0.702)
Constants	0.002**				
Model fit statistics					
ICC City	0.116				
likelihood ratio test	93.67**	102.47*	106.01*	91.98	107.65**
Prob > chi ²	0.052				
N	485	485	485	485	485

Notes: standard errors in parenthesis.

Dependent variable: Entrepreneurial intention.

***p < 0.01. ** p < 0.05. *p < 0.1

Source: Own elaboration.

In continuity, according to the results shown in models 2nd, 3rd, 4th and 5th, the presence of a family member of the entrepreneur increases the probability of developing an EI. This may be associated. On the one hand, with the intergenerational transmission of the risks associated with being an entrepreneur and, on the other hand, participation at an early age in family businesses can affect attitudes towards entrepreneurial actions. These results confirm the findings of Agarwal et al. (2020) and Shrivastava and Acharya (2021). These works document the positive relationship between business intent and family business membership.

On the other hand, the results of the research in terms of the relationship between an entrepreneur friend and the EI are consistent with the works of Aloulou (2021). In relation, it is inferred that business decisions are measured by social norms, and these in turn are influenced by the presence of business friends, among others. Finally, the results of the research show that in the case of MBA students in Colombia, the training of parents has no effect on attitudes towards entrepreneurial actions. In contrast, Tarapuez et al. (2018) find positive associations between the level of parental training and EI.

Exposed the above, the gender and business family variables associate higher conditioned probabilities on EI compared to the variables of age and educational background of the parents. In the case of gender, the greater probability could be associated with cultural components or the lower female participation in the labor market in Colombia. For its part, in the case of age, it can be explained by considering that the analyzed sample is closing the age peak where the largest business cycles are identified. Finally, although the predicted differences between educated fathers and educated mothers are not high, in the case of father's statistical significance is found at 10% in models 2nd, 4th and 5th. These results have been documented by Tarapuez et al (2018) and are explained, in the case of Colombia, by the predominant role of parents in household economic decisions.

6. Conclusions

Our document aims to capture the factors at different levels that affect the EI in a sample of MBA students. Thus, on an econometric strategy based on a two-level logistic regression, our estimates suggest that EI is affected by the initial endowments of individuals and by the urban context in which they coexist. The application was carried out in a sample of 485 MBA students distributed in 14 cities in Colombia.

According to our results, at the individual level, EI is driven by gender, age and the presence of family entrepreneurs. In relation to the educational level of the fathers, the EI of the students is not being influenced by the academic training of the mothers. In the same way, our results suggest that the approximate urban structure of cities through hard and soft amenities stimulates EI in MBA students.

In particular, the number of supermarkets per km² and the number of passengers moved by public transport drive EI in the student sample. The foregoing allows us to conclude that this type of amenities represents both a social and an economic utility for cities. The above transfers a mechanism to EI through the confluence of individuals who deliberately attract a sequence of ideas and the consequent identification of business opportunities.

On the other hand, in the case of the mts² of park for leisure, the negative sign shows the negative contribution of the open space for the stimulus of the EI. In this way, we infer that the public parks in the main cities in Colombia do not manage to transform the essential qualities of the contours and through this mechanism, the number and variety of users in the parks is limited. This in turn limits the potentials of population density on EI. In the strict sense, the considered leisure parks may be reflecting the underutilization and waste of economic, cultural and social opportunities.

References

- Acs, Z.J., Audretsch, D.B. & Lehmann, E.E. (2013). The knowledge spillover theory of entrepreneurship. *Small Business Economics*, 41(4), 757–774. <https://doi.org/10.1007/s11187-013-9505-9>.
- Adedeji, S.B., Rahman, M.M., Abdul, M.B., Ghani, M.F., Uddin, M.J. & Rahaman, M.S. (2020). Innovative teaching methods and entrepreneurship education: a synthesized literature review. *Educational Administration Research and Review*, 3(1), 22-29. <https://doi.org/10.17509/earr.v2i1.21713>
- Agarwal, S., Ramadani, V., Gerguri-Rashiti, S., Agrawal, V., & Dixit, J.K. (2020). Inclusivity of entrepreneurship education on entrepreneurial attitude among young community: evidence from India. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*. 14(2), 299-319. <https://doi.org/10.1108/JEC-03-2020-0024>.
- Aguinis, H., Gottfredson, R.K. & Culpepper, S.A. (2013). Best-practice recommendations for estimating cross-level interaction effects using multilevel modeling. *Journal of Management*, 39(6), 1490–1528. <https://doi.org/10.1177/0149206313478188>.
- Aloulou, W.J. (2021). The influence of institutional context on entrepreneurial intention: evidence from the Saudi young community. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*. 16(5), 677-698. <https://doi.org/10.1108/JEC-02-2021-0019>.
- Ajide, F.M. (2020). Infrastructure and entrepreneurship: evidence from Africa. *Journal of Developmental Entrepreneurship*. 25(03), 2050015. <https://doi.org/10.1142/S1084946720500156>.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (2005). The influence of attitudes on behaviour. In D. Albarracín, B. T. Johnson & M. P. Zanna (Eds.), *The Handbook of Attitudes* (pp. 173-222). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Andersson, M. & Larsson, J. (2014). Clústeres de emprendimiento local en las ciudades. *Revista de Geografía Económica*. 16(1), 39–66. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbu049>
- Aparicio, S., Urbano, D. & Audretsch, D. (2016). Institutional factors, opportunity entrepreneurship and economic growth: panel data evidence. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 45-61. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.04.006>.
- Aristizábal, J.M. & García, G.A (2020). Regional economic growth and convergence: The role of institutions and spillover effects in Colombia. *Regional Science, Policy and Practice*, 13(4), 1146-1161. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12334>.
- Aristizábal, J.M., Tarapuez, E.I. and Vásquez, J.C. (2020), “Application of a fuzzy system to the analysis of Entrepreneurial Intention in Brazil, Mexico, and Colombia”. Saizand, J. and Gámez, J. (Ed.) *Senior Entrepreneurship and Aging in Modern Business*, Hershey, PA: IGI Global, pp, 237-258.
- Aristizábal, J.M., Tarapuez, E.I. & Guzmán, B.E. (2021). Application of a fuzzy system to the analysis of Entrepreneurial Intention in Colombia. *Journal of Urban and Regional Analysis*. 13(1), 59-75. <https://doi.org/10.37043/JURA.2021.13.1.4>

- Arrak, K., Kaasa, A. & Varblane, U. (2020). Regional cultural context as a determinant of entrepreneurial behavior: The case of Germany. *The Journal of Entrepreneurship*, 29(1), 88–118. <https://doi.org/10.1177/097135571989>.
- Audretsch, D.B. & Belitski, M. (2017). Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions. *The Journal of Technology Transfer*, 42(5), 1030–1051. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9473-8>.
- Audretsch, D.B., Heger, D. & Veith, T. (2015). Infrastructure and entrepreneurship. *Small Business Economics*, 44(2), 219–230. <https://doi.org/10.1007/s11187-014-9600-6>.
- Audretsch, D.B. & Keilbach, M. (2008). Resolving the knowledge paradox: knowledge-spillover entrepreneurship and economic growth. *Research Policy*, 37(10), 1697–1705. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.08.008>
- Audretsch, D.B., Lehmann, E.E. & Seitz, N. (2019). Amenities, subcultures, and entrepreneurship. *Small Business Economics*, 56, 571–591. doi:10.1007/s11187-019-00190-5
- Autio, E., Kenney, M., Mustar, P., Siegel, D. & Wright, M. (2014). Entrepreneurial innovation: The importance of context. *Research Policy*, 43(7), 1097–1108. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.01.015>.
- Autio, E. & Wennberg, K. (2010), “You think, therefore, I become: Social attitudes and the transition to entrepreneurship”, working paper, DRUID summer conference, 22 May.
- Bailey, N. (2015). The place of neighbourhood in entrepreneurship: attitudes, resources and sorting. In C. Mason, M. van Ham, D. Reuschke and S. Syrett. (19-38). *Entrepreneurship in Cities*. doi:10.4337/9781784712006.
- Baluku, M., Leonsio, M., Bantu, E. & Otto, K. (2019). “The impact of autonomy on the relationship between mentoring and entrepreneurial intentions among youth in Germany, Kenya, and Uganda”. *International Journal of Entrepreneurial Behavior and Research*, 25(2), 170-192. <https://doi.org/10.1108/IJEER-10-2017-0373>
- Bauer, T.K., Breidenbach, P. & Schmidt, C.M. (2015). “Phantom of the opera” or Sex and the city? Historical amenities as sources of exogenous variation. *Labour Economics*, 37, 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2015.05.005>.
- Bird, B. (1988). Implementing entrepreneurial ideas: the case for intention. *Academy of Management Review*, 13(3), 442-453. <https://doi.org/10.5465/amr.1988.4306970>
- Bosma, N. & Sternberg, R. (2014). Entrepreneurship as an urban event? Empirical evidence from European cities. *Regional Studies*, 48(6), 1016–1033. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.904041>
- Botha, M. & Bignotti, A. (2017). Exploring moderators in the relationship between cognitive adaptability and entrepreneurial intention: findings from South Africa. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 13(4), 1069-1095. <https://doi.org/10.1007/s11365-017-0437-8>.
- Cabrera, J.A. (2019). Entrepreneurship and the city. *Geography Compass*, 13(12), 12471. <https://doi.org/10.1111/gec3.12471>.

- Capelleras, J.L., Contín, I., Larraza, M. & Martin, V. (2018). Regional and individual determinants of entrepreneurial growth aspirations. *Journal of Evolutionary Studies in Business*, 3(1), 17–53. <https://doi.org/10.1344/jesb2018.1.j036>.
- Chen, Y. & Liu, C. Y. (2018). Self-employed migrants and their entrepreneurial space in megacities: A Beijing farmers' market. *Habitat International*, 83 <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.11>.
- Chipeta, E.M., Kruse, P. and Surujlal, J. (2020). Effects of gender on antecedents to social entrepreneurship among university students in South Africa. *International Journal of Business and Management Studies*, 12(1), 18-33.
- Clark, W. (2015). “Neighbourhoods and the structure of society: implications for work and residence in the Internet Age”. In C. Mason, M. van Ham, D. Reuschke and S. Syrett. (39-57). *Entrepreneurship in Cities*. <https://doi.org/10.4337/9781784712006>
- Cueto, B., Suárez, P. & Mayor, M. (2020). Effects of human capital and regional context on entrepreneurial survival. *The Annals of Regional Science*, 66, 331–357. <https://doi.org/10.1007/s00168-020-01023-0>.
- Dehghanpour, A. (2015). The effects of demographic, cognitive and institutional factors on development of entrepreneurial intention: Toward a socio-cognitive model of entrepreneurial career. *Journal of International Entrepreneurship*, 13(4), 452–476. <https://doi.org/10.1007/s10843-015-0144-x>.
- Delfmann, H., Koster, S., McCann, P. & Van Dijk, J. (2014). Population change and new firm formation in urban and rural regions. *Regional Studies*, 48(6), 1034–1050. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.867430>
- Del Monte, A., Moccia, S. & Pennacchio, L. (2020). Regional entrepreneurship and innovation: historical roots and the impact on the growth of regions. *Small Business Economics*, 58, 451-473. <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00425-w>
- El Harbi, S. & Anderson, A.R. (2010). Institutions and the shaping of different forms of entrepreneurship, *The Journal of Socio-Economics*, 39, 436-444.
- Estrin, S., Mickiewicz, T. & Stephan, U. (2013). Entrepreneurship, social capital, and institutions: Social and commercial entrepreneurship across nations. *Entrepreneurship theory and practice*, 37(3), 479–504. <https://doi.org/10.1111/etap.12019>.
- Florida, R., Mellander, C. & Stolarick, K. (2016). Human capital in cities and suburbs. *The Annals of Regional Science*, 57, 91–123. <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0763-8>.
- Florida, R. L. (2005). *Cities and the creative class*. New York, N.Y.: Routledge.
- García, F., Gil, E., Ruiz, I. & Gutiérrez, D. (2017). Entrepreneurial process in peripheral regions: the role of motivation and culture. *European Planning Studies*, 25(11), 2037-2056. <https://doi.org/10.1080/09654313.2016.1262827>.
- Ghani, E., Kerr, W.R. & O'connell, S. (2014). Spatial determinants of entrepreneurship in India. *Regional Studies*, 48(6), 1071–1089. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.839869>.
- Greffe, X. (2016). From culture to creativity and the creative economy: A new agenda for cultural economics. *City, Culture and Society*, 7(2), 71–74. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2015.12.008>.

- He, C., Lu, J. & Qian, H. (2019). Entrepreneurship in China. *Small Business Economics*, 52(3), 563–572. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9972-5>.
- Heebels, B. & Van Aalst, I. (2010). Creative clusters in Berlin: Entrepreneurship and the quality of place in Prenzlauer Berg and Kreuzberg. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 92(4), 347–363. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0467.2010.00357.x>
- Hox, J., Moerbeek, M. and van de Schoot, R. (2017). *Multilevel Analysis: Techniques and Applications*, Routledge. New York, NY.
- Hsu, D., Shinnar, R., Powell, B. & Coffey, B. (2017). Intentions to reenter venture creation: The effect of entrepreneurial experience and organizational climate. *International Small Business Journal*, 35(8), 928–948. <https://doi.org/10.1177/0266242616686646>.
- Huggins, R. & Thompson, P. (2015), Entrepreneurship, innovation and regional growth: a network theory. *Small Business Economics*, 45, 103–128. <https://doi.org/10.1007/s11187-015-9643-3>
- Ikeda, S. (2012), “Entrepreneurship in Action Space”. Emanuel Andersson, D. (Ed.) *The Spatial Market Process (Advances in Austrian Economics, Vol. 16)*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, pp. 105-139.
- Kibler, E., Kautonen, T., & Fink, M. (2014). Regional Social Legitimacy of Entrepreneurship: Implications for Entrepreneurial Intention and Start-up Behaviour. *Regional Studies*, 48(6), 995–1015. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.851373>
- Kummitha, R.K. (2019). Smart cities and entrepreneurship: An agenda for future research. *Technological Forecasting and Social Change*, 149, 119763. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119763>.
- Landis, D., Triandis, H. & Adamopoulos, J. (1978). Habit and behavioral intentions as predictors of social behavior. *The Journal of Social Psychology*, 106(2), 227-237. <https://doi.org/10.1080/00224545.1978.9924174>.
- Lang R., Fink M. & Kibler E. (2013). Understanding place-based entrepreneurship in rural Central Europe: a comparative institutional analysis. *International Journal of Small Business*, 32(2), 204–227. <https://doi.org/10.1177/0266242613488614>.
- Liñán, F. & Chen, Y. (2009). Development and cross-cultural application of a specific instrument to measure entrepreneurial intentions. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 33(3), 593-617. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2009.00318.x>.
- Ma, L., Niu, D. & Sun, W. (2021). Transportation infrastructure and entrepreneurship: Evidence from high-speed railway in China. *China Economic Review*, 65, 101577. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2020.101577>.
- Marshall, A. (2009). *Principles of economics*. London, U.K.: McMillan and Co.
- Martínez-Fierro, S., Biedma-Ferrer, J.M. & Ruiz-Navarro, J. (2016). Entrepreneurship and strategies for economic development. *Small Business Economics*, 47(4), 835-851. <https://doi.org/10.1007/s11187-016-9738-5>.
- Miralles, F., Giones, F. & Gozun, B. (2017). Does direct experience matter? Examining the consequences of current entrepreneurial behavior on entrepreneurial intention. *International Entrepreneurship and Management Journal*. 13(3), 881-903. <https://doi.org/10.1007/s11365-016-0430-7>.

- Moore, E M., Dau, L.A. & Doh, J. (2020). Does monetary aid catalyse new business creation? Analysing the impact of global aid flows on formal and informal entrepreneurship. *Journal of Management Studies*, 57(3), 438-469. <https://doi.org/10.1111/joms.12552>.
- Munir, H., Jianfeng, C. & Ramzan, S. (2019). Personality traits and theory of planned behavior comparison of entrepreneurial intentions between an emerging economy and a developing country. *International Journal of Entrepreneurial Behavior and Research*, 25(3), 554-580. <https://doi.org/10.1108/IJEER-05-2018-0336>.
- Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in ecology and evolution*, 4(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>
- Neff, G., Wissinger, E. & Zukin, S. (2005). Entrepreneurial labor among cultural producers: “cool” jobs in “hot” industries. *Social semiotics*, 15(3), 307–334. <https://doi.org/10.1080/10350330500310111>.
- Nuseir, T., Basheer, M., & Aljumah, A. (2020). Antecedents of entrepreneurial intentions in smart city of Neom Saudi Arabia: Does the entrepreneurial education on artificial intelligence matter? *Cogent Business & Management*, 7(1), 1825041. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1825041>.
- Patterson, M. & Silver, D. (2015), The place of art: Local area characteristics and arts growth in Canada, 2001–2011. *Poetics*, 51, 69–87. <https://doi.org/10.1016/j.poetic.2015.05.003>.
- Pile, S. (1999). What is a city? D. Massey, J. Allen and S. Pile. *Understanding cities. City World* (3-52). New York, Routledge.
- Qian, H. & Liu, S (2018). Cultural entrepreneurship in U.S. cities. *Journal of Urban Affairs*, 40(8), 1043–1065. <https://doi.org/10.1080/07352166.2018.1468223>
- Reissová, A., Šimsová, J., Sonntag, R. & Kučerová, K. (2020). The influence of personal characteristics on entrepreneurial intentions: International comparison. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 8(4), 29–46.
- Roundy, P.T. (2017). “Small town” entrepreneurial ecosystems: Implications for developed and emerging economies. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 9(3), 238-262. <https://doi.org/10.1108/JEEE-09-2016-0040>.
- Schmutzler, J., Andonova, V. & Diaz, L. (2019). How context shapes entrepreneurial self-efficacy as a driver of entrepreneurial intentions: A multilevel approach. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 43(5), 880–920. <https://doi.org/10.1177/1042258717753142>.
- Shrivastava, U. & Acharya, S.R. (2021). Entrepreneurship education intention and entrepreneurial intention amongst disadvantaged students: an empirical study. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*. 15(3), 313-333. <https://doi.org/10.1108/JEC-04-2020-0072>.
- Sieger, P., Gruber, M., Fauchart, E. & Zellweger T. (2016). Measuring the social identity of entrepreneurs: scale development and international validation. *Journal of Business Venturing*, 31(5), 542-572. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2016.07.001>.
- Sohns, F. & Revilla, J.R. (2018). Explaining micro entrepreneurship in rural Vietnam-a multilevel analysis. *Small Business Economics*, 50, 219–237. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9886-2>.

- Stam, E. (2015). Entrepreneurial ecosystems and regional policy: a sympathetic critique. *European Planning Studies*, 23(9), 1759–1769. <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1061484>.
- Storper, M. & Scott, A.J. (2009). Rethinking human capital, creativity and urban growth. *Journal of Economic Geography*, 9(2), 147–167. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbn052>.
- Stuetzer, M., Obschonka, M., Brixy, U., Sternberg, R. & Cantner, U. (2014). Regional characteristics, opportunity perception and entrepreneurial activities. *Small Business Economics*, 42(2), 221–244. <https://doi.org/10.1007/s11187-013-9488-6>.
- Summers, D. (2000). *The Formation of Entrepreneurial Intentions*. New York, NY: Garland Publishing Inc.
- Tsai, K., Chang, H. & Peng, C. (2016). Refining the linkage between perceived capability and entrepreneurial intention: roles of perceived opportunity, fear of failure, and gender. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 12(4), 127-1145. <https://doi.org/10.1007/s11365-016-0383-x>.
- Tarapuez, E., Aristizábal, J., & Monard, C. (2018). Aspectos sociodemográficos y familiares e intención empresarial en estudiantes de Maestría en Administración en Colombia. *Estudios Gerenciales*. 34(149), 422-434. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.149.2757>.
- Tarapuez, E., García, D. & Castellano, N. (2015). Elementos para la construcción de un instrumento que permita medir la intención empresarial en estudiantes universitarios de último semestre. *Tendencias*, 16(2), 209-227. <https://doi.org/10.22267/rtend.151602.28>
- Thompson, E. (2009). Individual entrepreneurial intent: Construct clarification and development of an internationally reliable metric. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 33(3), 669–694. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2009.00321.x>.
- Triandis, H. (1977). *Interpersonal behavior*. Monterrey, CA: Brooks Cole Pub. Co.
- UN-Habitat (2020). *National Sample of Cities. A Model Approach to Monitoring and Reporting Performance of Cities at National Level*.
- Van de Ven, H. (1993). The development of an infrastructure for entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 8(3), 211–230. [https://doi.org/10.1016/0883-9026\(93\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0883-9026(93)90028-4).
- Van Gelderen, M. W., Sayers, J. & Keen, C. (2017). Homebased Internet businesses as drivers of variety. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 15(1), 162–177. <https://doi.org/10.1108/14626000810850900>.
- Woolley, J. (2017), “Infrastructure for Entrepreneurship”. In *Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*. EE-UU., Oxford University Press.
- Zahra, S.A. (2007). Contextualizing theory building in entrepreneurship research. *Journal of Business venturing*, 22(3), 443–452. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2006.04.007>.
- Zahra, S.A., Wright, M. & Abdelgawad, S.G. (2014). Contextualization and the advancement of entrepreneurship research. *International Small Business Journal*, 32(5), 479–500. <https://doi.org/10.1177/02662426135198>.
- Zheng, L. (2016). What city amenities matter in attracting smart people? *Papers in Regional Science*, 95(2), 309-327. <https://doi.org/10.1111/pirs.12131>.



Modelación de una prima de seguros mediante la aplicación de métodos actuariales, teoría de fallas y Black-Scholes en la salud en Colombia

SALAZAR GARCÍA, JUAN FERNANDO

Universidad de Medellín (Colombia)

Correo electrónico: juanfersalazarg@hotmail.com

GUZMÁN AGUILAR, DIANA SIRLEY

Universidad de Medellín (Colombia)

Correo electrónico: dsguzman@udemedellin.edu.co

HOYOS NIETO, DANIEL ARTURO

Universidad de Medellín (Colombia)

Correo electrónico: dahoyos@gmail.com

RESUMEN

La prima de la tarificación en un seguro para el sector salud está influenciada por la siniestralidad de sus suscriptores, lo que genera altos niveles de fluctuación e incertidumbre. El objetivo de esta investigación es la aplicación de los modelos actuariales riesgo individual, riesgo colectivo y modelo de credibilidad, junto con la aplicación del modelo tecnológico de tasa de falla y el modelo de opciones financieras de Black-Scholes como herramientas de estimación de la prima de la tarificación para la industria aseguradora y de la salud en Colombia. A partir de las reclamaciones y de los costos totales de los siniestros históricos se aplican los modelos que permita asegurar primas óptimas para una cobertura a las pérdidas agregadas de los siniestros. Al final, se comparan dichos modelos y se aproxima a una definición de un método óptimo. La importancia de la investigación radica en el alto compromiso, responsabilidad e incidencia financiera de gestionar y mitigar el impacto del riesgo actuarial, planteando nuevas metodologías mediante un nivel de estimación óptima en las primas para certificar un correcto funcionamiento a las entidades del sector en temas de costos, sostenibilidad y cumplimiento al servicio en el sector.

Palabras clave: prima de seguros; estudios actuariales; modelo de riesgo individual; modelo de riesgo colectivo; tasa de fracaso; teoría de la credibilidad; valoración de activos financieros; monto total de reclamaciones.

Clasificación JEL: D91, G12, G22, G52, I12.

MSC2010: 62P05, 60E05.

Modelling of an insurance premium through the application of actuarial methods, failure theory and Black-Scholes in the health in Colombia

ABSTRACT

The pricing's premium in an insurance for the health sector is influenced by the claims ratio of its subscribers, which generates high levels of fluctuation and uncertainty. The objective of this research is the application of the actuarial individual risk models, collective risk and credibility model, together with the application of the failure rate technological model and the Black-Scholes financial options model as tools for estimating pricing's premium for the insurance and health industry in Colombia. Based on the claims and the total costs of the historical claims, the models are applied to ensure optimal premiums for coverage of the aggregate losses of the claims. In the end, comparing these models and approaching a definition of an optimal method. The importance of the research settles in the high commitment, responsibility and financial impact of managing and mitigating the impact of actuarial risk, proposing new methodologies through an optimal estimation level in premiums to certify proper functioning of the sector entities in matters of costs, sustainability and service compliance in the sector.

Keywords: insurance premium; actuarial studies; individual risk model. collective risk model; failure rate; credibility theory; valuation of financial assets; aggregate claim amount.

JEL classification: D91, G12, G22, G52, I12.

MSC2010: 62P05, 60E05.



1. Introducción

En la práctica de los seguros, los actuarios mantienen la tarea principal de determinar unas primas adecuadas que permitan cubrir los riesgos que lo asocian. Por una parte, las primas cobradas deben ser suficientes para cubrir prospectivamente los pagos futuros que se derivan de futuras reclamaciones y permita garantizar un funcionamiento estable de la compañía. Por otra parte, las primas no pueden ser superiores a la expectativa del mercado, de tal manera que el producto no pierda competitividad. Por consiguiente, el mayor reto de los riesgos inherentes de los seguros debe ser determinar las primas de la tarificación de tal manera que reflejen fielmente las características, contengan esos riesgos y puedan disiparlos en el contenido del precio. Han existido una variedad de metodologías para cumplir con el propósito del cálculo de prima en los seguros para que pueda cubrir dichos riesgos y cumplir dichos objetivos. Para la fijación de los precios, las técnicas actuariales recurren a metodologías adaptando el estudio de las reclamaciones del asegurado y de las características del riesgo en particular de la cartera. Para ello, introducen metodologías acordes con la información que suministra la historia, y, valiéndose de ello, se utilizan métodos como el riesgo individual, el riesgo colectivo, la técnica de la credibilidad, entre otros modelos actuariales.

El presente documento, fusiona conceptos y metodologías del área de las finanzas con los seguros para enfatizar en lo que concierne al cálculo de la prima de la tarifa. Para ello podemos destacar una de las teorías de las finanzas, conocida como la estrategia al equilibrio financiero, para lo cual, en los seguros medirá mediante ratios e indicadores los incrementos o variaciones entre los ingresos y los costos para el sector asegurador, o, el sector de la salud en pro del aseguramiento en la salud. Evaluar el incremento de las tarifas tiene importancia para controlar el equilibrio y es la razón por la cual se debe de apoyar en unos principios básicos. Es así como la variación de la prima de la tarifa debe de soportarse del principio técnico de *equidad económica* que correlaciona positivamente la existencia entre la tarifa y la cartera. Además, al principio de *suficiencia*, por el que la tarifa cubre razonablemente la tasa de riesgo y los costos propios de la operación. También, ser el producto de la utilización de información estadística que cumpla la exigencia de *homogeneidad*. Y, por último, ser el producto de la utilización de información estadística que cumpla la exigencia de *representatividad*, situaciones descritas en el artículo 26 del Decreto 1570 de 1993, modificado por el artículo 10 del Decreto 1486 de 1994 en Colombia.

La prima del seguro se reconoce como pura, porque en ella aglomera cada uno de los costos asociados al siniestro. La tarifa del seguro, asocia ese precio que le permite a la empresa aseguradora percibir unos ingresos, este a su vez debe contener el costo puro del siniestro. Así mismo, las primas obtenidas deben representar la mejor estimación para el monto de las tarifas de los siniestros. Ya que la probabilidad de ocurrencia de estos siniestros, asocia los tipos de riesgos asumidos a los que está expuesta la población suscrita en una cartera o en un plan de salud. La finalidad encaminada para que la entidad aseguradora pueda mantener la rentabilidad mínima requerida para permanecer en el mercado y satisfacer a los suscritos. Siendo así que, cobrando tarifas suficientes, estos precios netos permitan cubrir las obligaciones de los siniestros, así como las derivadas a la operación, a la administración y a la utilidad para empresas aseguradoras y del sector salud. Ahora, lo anterior muestra el detalle interno de las empresas a la hora de estimar una prima, pero esto debe contener un acercamiento a los acontecimientos externos de una compañía. El concepto de riesgo en el sector Salud en Colombia se introdujo en el artículo 14 de la ley 1122 de 2007 para todas las entidades responsables al aseguramiento en la salud. El *riesgo en salud* la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo define como “los factores que incrementan la probabilidad que se presenten resultados adversos para la salud” (2009 p. V).

Una tarifa óptima debe considerar los *objetivos internos* de la empresa entre los cuales la dirección administrativa y financiera debe tener en cuenta el nivel de beneficios, un nivel de crecimiento y un estimado de permanencia a largo plazo para lo que es necesario una solvencia y liquidez. Estos factores nombrados anteriormente determinan y condicionan la tarifa. Además, la empresa debe considerar *objetivos externos*, ya que la empresa opera en un entorno propio del sector, regido en un marco legal y económico, que actúan como restricciones a la hora de operar y planificar su actividad empresarial. Debido a esto, la tarificación la determinan tanto las actuaciones de la empresa como el

entorno político, legal y económico que la rodea; junto con acontecimientos sobrenaturales y morbilidades comunes y atípicas de la sociedad.

La perspectiva dentro del sector salud en la historia muestra notables desafíos. Uno en particular son los retos que tiene que asumir ante los eventos naturales inesperados del mundo. Para ello, las empresas a través de sus mediciones e indicadores registran como pueden verse afectadas e incluso sufrir pérdidas considerables por una serie de factores de riesgos mencionados por (Denuit, Kiriliouk, & Segers, 2015, pág. 163), y determinan la forma como se deben atender las emergencias sanitarias. Existen eventos que son tan pocos probables que exigen una buena estructura en la producción y atención del servicio, además, unos diseños metodológicos bien distribuidos, de tal manera, que puedan incluir estos eventos en sus modelos.

Ahora, en un entorno económico poco favorable y donde las empresas que ofrecen productos y servicios en el mercado de seguros operan bajo condiciones muy competitivas en las instituciones del sector salud (Gulumser, Tonkin, & Johannes, 2002), se tiene la responsabilidad de atraer nuevas suscripciones, no solamente con unos precios atractivos que estén a la medida de la situación económica, además, tarifando con un nivel técnico de suficiencia, para que no esté por debajo de valor mínimo de sostenibilidad para la empresa y para un cubrimiento mínimo de la siniestralidad.

Es así, que el acceso al servicio debe estar en disponibilidad para todo aquel posible suscriptor en la salud independiente de los momentos de estabilidad económica de un país o también en aquellos tiempos donde el riesgo económico es mayor por los inevitables cambios en los ciclos financieros y sociales afectando en todos los sectores demográficos y estratificaciones como factores de riesgo previsible (OCDE, 2016, pág. 46). Por lo que el cálculo óptimo de tarifas permite subsanar una necesidad al compromiso y responsabilidad social en base al aseguramiento de la salud voluntaria.

Si bien, se presentó un acercamiento general a la razón e importancia del cálculo de la prima, adicional a la necesidad del presente artículo que se desarrolla en base a estimar tarifas óptimas y suficientes para el sector, a priori, de tener información confiable de carácter homogéneo, representativo y suficiente para el análisis con el fin de evitar sesgos en los resultados. Rescatando esos beneficios que tiene la atención de los planes voluntarios para el sector salud, de tal manera que evita aglomeraciones en puntos de las instituciones prestadoras de la salud, además de propagación de enfermedades que ameritan un confinamiento generalizado según la gravedad de la morbilidad. Finalmente, en la investigación, son las reclamaciones por la atención en consultas médicas los eventos que se analizarán. Así, la prima del contrato en particular debe tener en cuenta la edad del suscrito expuesto y las distintas categorías de eventos, por lo que el actuario centra su atención en la descripción probabilística de todas las incertidumbres involucradas en los parámetros asociados en el proceso (Migon & Moura, 2005).

Tener una amplia gama de opciones estadísticas para aplicar las metodologías en los eventos en seguros, más precisamente para las primas o tarifas cobradas a los usuarios por conceptos de pólizas, seguros o servicios prepagados en la salud es importante para las empresas que son obligadas a estimar dichos precios. Tener tantas opciones posibles permite no solo al actuario conocer más el negocio por los detalles abarcados en las diferentes metodologías, sino que también permite en el estudio y en los cálculos precisar en los resultados de la tarificación de las empresas de seguros que hace esencial para el cubrimiento de los siniestros de los suscriptores, para el cumplimiento de las obligaciones de la empresa y para el cumplimiento a los socios como tal.

Es por esto que el objetivo del presente artículo se enmarca en la aplicación de cinco modelos estadísticos para la aplicación en el cálculo de la prima en un seguro para el sector salud. Se aplicará el método de riesgo individual, el método de riesgo colectivo, el método de la credibilidad, el método de tasa de fallas de Weibull y modelo de Black-Scholes de opciones Reales estudiados en la prestación en un plan voluntario en salud para predecir las primas de riesgo.

A continuación, el artículo se estructura en primer lugar con la revisión literaria de los modelos. En segundo lugar, se enfoca en cómo modelar la estrategia de primas óptima mediante modelos

tradicionales de tarificación para una compañía de seguros; el apartado explicará los modelos actuariales tradicionales que se aplicarán en el documento. En tercer lugar, cómo se relaciona esta estrategia con modelos de otras ramas aplicables a la tarificación, se presentará dos modelos aplicados en otras ramas ajustándolos a un modelo para la prima de la tarifa. En cuarto lugar, se definen los criterios de aceptación de los modelos. Finalmente, se presentarán los resultados obtenidos y las conclusiones a tener en cuenta.

2. Revisión de la literatura

El *primero de los modelos* es el método de riesgo individual (Garrido & Genest, 2016, p. 120). Es utilizado para el presente artículo como uno de los métodos tradicionales actuariales en la estimación de la tarificación (Minsalud, 2020, pág. 26). Uno de los principales objetivos es la medición de las aproximaciones a la distribución de pérdidas agregadas de siniestros en este método (Roos, 2007, p. 403), donde da el punto de partida en el enfoque de la modelación de la variable reclamaciones o de la variable severidad, para lo que en este método solo una de las dos variables será modelizada mientras que la otra será una constante. En la práctica, inicialmente se centra el análisis en el modelo clásico de riesgo individual, donde la independencia se asume debido a que los contratos son diferentes en el futuro, tanto en cobertura como en exposición al riesgo (Yang, Zhou, & Zhang, 2005, p. 58).

El *segundo de los modelos* es el método de riesgo colectivo (Lee & Shi, 2019, p. 118). Del mismo modo que en el modelo anterior, es común suponer que el número de reclamaciones y sus montos en cada reclamación son independientes. Entonces, en el modelo de riesgo colectivo para diferentes estructuras de dependencia se considera vincular el número de reclamaciones a cada monto de los siniestros para cuantificar la pérdida total de las reclamaciones.

En otros modelos que se estudiaron para el riesgo colectivo, no presentar una independencia en los dos parámetros, presenta una falta de robustez a la hipótesis, por lo que se conjetura la existencia de la dependencia en los parámetros del modelo de riesgo colectivo (Martel, Hernández, & Vázquez, 2012, p. 1430). Además, sus observaciones están en la dependencia (Hua, 2015) donde la cola entre la frecuencia y la severidad están en un contexto de utilización de la atención médica (Lee & Shi, 2019, p. 115).

El *tercer modelo* de la credibilidad es la teoría que pretende enfrentar los problemas de heterogeneidad existente en las carteras, esto es, ser lo más cauto al momento de cobrar lo justo a cada suscriptor, medido así, por el perfil de riesgo asociado que esté presente a nivel individual según sus características independientes que lo identifican (Chen, Cheung, Choi & Yam, 2020, p. 216). Observando el comportamiento de una cartera (plan o portafolio), en la atención de una cartera voluntaria en salud para un suscriptor desde el punto de vista tarifario, a un suscriptor que no haya tenido ningún siniestro en un periodo no debería ser asignado con una prima cero, así como un suscriptor no se le debería penalizar cobrando un valor muy alto en la tarifa por haber sufrido muchos siniestros en un periodo. Esto motiva que, la prima deba ser medida por dos eventos particulares: el primero por la experiencia asociada, en particular, al suscriptor, y, el segundo, por la experiencia de la cartera a la que pertenece (Moreno & Ramos, 2003, p. 30).

Así mismo, la credibilidad se define como “una colección de ideas concernientes al ajuste sistemático de las primas de seguros a medida que se obtiene la experiencia de reclamaciones” (Miller & Hickman, 1975, p. 161). De igual manera se puede interpretar como “la investigación de ciertos principios y métodos para ajustar las primas a medida que la experiencia de las reclamaciones se obtiene” (Norberg, 1979, p. 181). Ambas definiciones dan claridad a la razón de ser de una de las metodologías para tener en cuenta y manifiestan la importancia de la historia en el ajuste de las primas. Por supuesto, se debe tener en cuenta uno de los principios de la actuaría, el cual es, los datos deben cumplir el criterio de suficiencia. Para el modelo de la credibilidad, varios autores han tomado como punto de partida esta metodología. A continuación, veamos algunos.

El modelo clásico de Bühlmann (1969). Se determina un estimador lineal que permite ponderar la experiencia individual con todo el plan (la cartera). Este modelo considera la siniestralidad y no requiere un nivel de detalle de información, es decir, si se cuenta con el monto en unidades monetarias de los siniestros no se requiere la información detallada de un tipo de riesgo específico (grupo etario, por género o por morbilidad). Este modelo es el más sencillo en cuanto a su aplicación y requerimientos de datos. Para este modelo es necesario unos estimadores (Moreno & Ramos, 2003) para obtener el factor de credibilidad “z” que se aplican sobre la experiencia en la siniestralidad.

El modelo Bühlmann - Straub (Wen, Wu & Zhou, 2009, p. 72). Se basa en el modelo anterior de Bühlmann; sin embargo, la información del plan (la cartera) se parte en grupos de riesgo (grupos etarios (Schinzinger, Denuit & Christiansen, 2016, p. 72), por género (Tsai & Wu, 2020, p. 37) o por morbilidad) y se ponderan por las unidades expuestas de cada grupo. Luego se obtiene el factor de credibilidad “z” que a diferencia del modelo de Bühlmann éste depende de los promedios ponderados de los siniestros en función de las unidades expuestas que conforman cada partición. Para este modelo son necesario unos estimadores insesgados para obtener los años de experiencia, la heterogeneidad de la cartera y la variación de reclamaciones.

El modelo de Jewell se basa en el modelo anterior, con la salvedad de que se realiza una partición adicional a la información de la cartera, para obtener subcarteras; además, la misma se divide en subgrupos de riesgo (grupo etarios, por género o por morbilidad), por lo que este modelo requiere que la información de siniestralidad en cada una de las atenciones de un plan voluntario en salud se encuentre desglosada a un alto nivel de detalle, tal que el modelo incorpore mayor cantidad de información por lo cual es más probable que genere mejores resultados en porcentajes de siniestralidad, mayor rentabilidad en la cartera de riesgo, etc. Debido a la incorporación y segmentación de la cartera a este modelo se le conoce también como “jerárquico”. En este caso, se pondera por las unidades expuestas de cada grupo y modelo, luego se obtiene el factor de credibilidad “z” que es similar al modelo Bühlmann-Straub ya que depende de los promedios ponderados de los siniestros en función de las unidades expuestas que constituyen a cada grupo de riesgo que se tarifica.

Para el *cuarto de los modelos*, se referencia la metodología llamada ley de fallas de Weibull, que se emplea para resolver problemas de ingeniería de sistemas, hacer una adecuada programación, planeación y operación en el mantenimiento de equipos para determinar las fallas de sus componentes y pronosticar su comportamiento futuro (Mudholkar, Asubonteng & Hutson, 2009) (Xie, Tang & Goh, 2002). Para establecer el modelo es necesario transformar los datos para lograr la compatibilidad con un modelo habitual comprensible y bien conveniente (Jiang, 2013).

Este modelo también es conocido como la curva de la tasa de riesgo, se caracteriza por sus componentes físicos y su forma es llamada Curva de la Bañera. Esta curva presenta tres regiones claves para la interpretación en el tiempo. La región I conocida como mortalidad infantil, la región II conocida como el período de vida útil, por último, la región III representa el desgaste o fatiga (Roesch, 2012; Zhang, Xie, Tang & NG, 2005).

Finalmente, se trae a colación para la tarificación, el *quinto modelo*, la metodología de los derivados. Dentro de la técnica de las finanzas es una estrategia de cobertura identificar y gestionar los riesgos; esto permite que los agentes económicos puedan minimizar los riesgos a los que se encuentran sometidos en dicho mercado, sin pretender crear nuevos riesgos. Para la tarifa, el riesgo es todo lo que abarca el precio, el riesgo inherente al que está sometido.

El modelo de Black-Scholes se utiliza para valorar el precio de una opción financiera. En este caso se aplica a un derivado financiero para determinar la cobertura de la tarificación. Se empieza considerando una *opción*, en un derivado, lo que constituye un contrato que da a su tenedor el *derecho* a comprar (*opción call*) o que da el *derecho* de vender (*opción put*) un activo a un precio determinado, durante un período o en una fecha prefijada (Lamothe & Pérez, 2005). Las opciones funcionan de manera similar a un seguro, ya que permiten a su tenedor cubrirse ante fluctuaciones del precio del activo subyacente. Para tener este *derecho*, que en el sector asegurador es el suscriptor expuesto (o

asegurado), el tendedor del *derecho* debe pagar una prima, que se asemeja a la prima que cobran las compañías de seguro a sus suscriptores expuestos (o asegurados).

Los modelos propuestos, que se desarrollan para analizar las reclamaciones, tienen por objeto formar parte del estudio de un conjunto de opciones en los procedimientos actuariales en pro del cálculo de la tarificación, dispuesto a ser objeto de estudio para el sector. Se basa en un conjunto de métodos y técnicas científicamente sustentadas que se aplican al problema de estimar la tarifas óptima y suficiente. Por lo que este trabajo es una opción para los posibles procedimientos y metodologías con los que se determinan el valor tarifario óptimo y suficiente en la prestación de un plan voluntario de salud de acuerdo con la práctica actuarial actual (Yeo & Valdez, 2006, p. 624). El funcionamiento de la atención en todo siniestro viene asociado a un riesgo, siendo este siniestro para el presente documento una atención en un plan voluntario de salud, que se sustenta en un sistema de tarificación, que tiene un conjunto de principios técnicos en que se considera la estimación y el cálculo de una tarifa. A continuación, se presentarán las metodologías propuestas.

3. Metodologías

A continuación, se nombran las metodologías tradicionales actuariales utilizadas en la investigación con base en el riesgo individual, el riesgo colectivo y la teoría de la credibilidad. Se usa análisis de datos para determinar qué funciones de distribuciones se pueden ajustar a la historia y usar las metodologías actuariales, para compararlas con los métodos propuestos en el sector de la tecnología y en el sector financiero; siendo estos la tasa de fallas llamada también Curva de la Bañera y utilizando el modelo de opciones financieras de Black-Scholes. En adelante se tendrán algunas consideraciones de las variables que fueron necesarias para el uso de los modelos.

Dentro del contexto estadístico, las variables utilizadas en la evaluación de la tarificación contienen unas características que hacen esencial su identificación para su correcta aplicación en los ajustes de distribución. Para ello encontraremos que la base de datos contiene unas variables de tipo discretas y otras de tipo continuas, clasificación que es importante para agrupar los datos a una serie de distribuciones que ajustan dicha información y comportamiento. Las variables identificadas en los modelos son las *reclamaciones* de los siniestros atendidos, como también su correspondiente *costo*. Para alguno de los modelos, estas variables son transformadas en ratios conocidos como la *frecuencia* y la *severidad* (Jeong & Valdez, 2020, p. 23). Al igual, se tendrán en cuenta otras variables que servirán para dar más detalle a la base de datos como es la edad de los suscritos atendidos y no atendidos y el periodo en la que fue ocurrida dicha siniestralidad.

Todos los modelos adoptados en la tarificación deben incluir para sus estimaciones los parámetros que son básicos en cualquier metodología. Para ello la probabilidad de ocurrencia de un siniestro que si bien es la materialización del riesgo viene expresada en la unidad de tiempo frecuencia. Para el análisis de las variables y su distribución se evaluó su comportamiento segregado en cuanto a su ajuste y datos estadísticos resultantes. Lo anterior con el fin de realizar conjugación de estas distribuciones para homogenizar en una sola variable y mirar su resultado ajustado.

Tarifa

A continuación, se reseña la ecuación fundamental para los seguros establecida para el cálculo de la tarifa en un producto y con un contrato específico en una sociedad de libre mercado. De tal manera que, para definir dicho precio, al que el asegurador está dispuesto a vender y el consumidor está dispuesto a comprar para un periodo anual, y expresada en unidades monetarias (Werner & Modlin, 2019, p. 5), la *Tarifa (T)* debe reflejar los *Costos (S)*, los *Gastos (G)* y las *Utilidades* esperadas (*U*).

$$T = S + G + U \quad [1]$$

Así mismo, la expresión anterior debe asegurar un adecuado equilibrio en cada uno de los puntos, expresado en términos de tasa porcentual (Committee on Ratemaking Principles, 1988). La expresión contiene los porcentajes de los *gastos* (g) y la *utilidad* (u) con respecto a la *Tarifa* (T). Entonces la ecuación estará dada por:

$$T = S + g * T + u * T \quad \text{o} \quad T = \frac{S}{1-g-u} \quad [2]$$

Si bien la tarifa para un seguro se determina por la promesa de proporcionar una compensación en caso de que ocurra un evento de pérdida específica, por lo que los costos no se determinan en un punto de venta, y como resultado deben ser estimados, por lo que la tarificación es prospectiva para los seguros (OCDE, 2016; Werner & Modlin, 2019). A continuación, se utilizará el modelo de pérdidas agregadas para definir la tarifa para el futuro.

Modelo de Pérdidas Agregadas

Ahora, para estimar los costos, es necesario considerar las atenciones futuras de los siniestros inciertos, para ello se utiliza el modelo de pérdidas agregadas (Klugman, Panjer, & Willmot, 2019; Parodi, 2015). Se deben estimar dichos *Costos* (S) en un periodo anual y conocer la *cantidad de reclamaciones* (N) del periodo, además del *costo* (X_i) de cada una de las *i-ésimas* reclamaciones.

$$S = X_1 + X_2 + \dots + X_N \quad [3]$$

Para estimar la distribución de las pérdidas agregadas, es necesario estimar cuál sería el promedio de las pérdidas totales [$E(S)$] en el periodo de tiempo dado. Lo anterior se resuelve fácilmente con la media de la *cantidad de reclamaciones* de las pérdidas [$E(N)$] multiplicada por la media del *costo* de las pérdidas [$E(X)$]:

$$E(S) = E(N) * E(X) \quad [4]$$

Ahora, conociendo el promedio de las pérdidas agregadas, se puede encontrar la volatilidad anual de los costos, dado por la desviación estándar de (S). Luego la varianza $Var(S)$ está dada por:

$$Var(S) = E(N) * Var(X) + E(X)^2 * Var(N) \quad [5]$$

En las expresiones anteriores, se logra el equilibrio deseado a nivel agregado y la importancia a nivel de riesgo asociado de los costos medios transferidos de una cartera (Committee on Ratemaking Principles, 1988).

Prima pura

Las empresas del sector salud dependen de ratios para supervisar y evaluar la idoneidad de las tarifas, entre ellos la frecuencia, la severidad y la prima pura (Werner & Modlin, 2019, p. 7). La primera ratio utilizada para este artículo y que se utiliza en la actuaría es la *frecuencia* de los siniestros (r). La frecuencia representa el número de siniestros por unidad expuesta, y relaciona las ocasiones en las que se detecta la presencia de eventos causales de riesgo, siendo esta la razón entre la *cantidad de reclamaciones* atendidas (N) con respecto a la población total de los *expuestos suscritos* (e). Tal que:

$$Frecuencia = \frac{\text{cantidad de reclamaciones}}{\text{expuestos suscritos}} \quad \text{o} \quad r = \frac{N}{e} \quad [6]$$

La segunda ratio utilizada en este artículo y en la actuaría es la *severidad* de los siniestros (X), representada como el costo de pérdida por unidad de reclamación, es la razón entre a los *costos* (S) de la cartera con respecto a la *cantidad de reclamaciones* atendidas (N). Representa el costo promedio por

unidad de servicio de la siniestralidad. Siendo esta la variable que representa la importancia del impacto de los eventos de riesgo de enfermar sobre los resultados de la empresa.

$$Severidad = \frac{Costos}{cantidad\ de\ reclamaciones} \quad o \quad X = \frac{S}{N} \quad [7]$$

Finalmente, los ratios anteriores permiten calcular el costo puro de cada siniestro, el resultado es la *prima pura* (P), no es más que el producto entre los ratios *frecuencia* y *severidad de los siniestros*.

$$Prima\ pura = Frecuencia * Severidad \quad o \quad P = r * X \quad [8]$$

Utilizando la fórmula (6) y (7) en la ecuación (8):

$$Prima\ pura = \frac{Costos}{expuestos\ suscritos} \quad o \quad P = \frac{S}{e} \quad [9]$$

Ahora para estimar la prima pura media $E(P)$, será necesario estimar la frecuencia media $E(r)$ y la severidad media $E(X)$.

$$E(P) = E(r) * E(X) \quad o \quad E(P) = E\left(\frac{N}{e}\right) * E\left(\frac{S}{N}\right) \quad [10]$$

Las ecuaciones anteriores serán la base en la que se evaluará la distribución de probabilidad de ajuste a cada uno de los cinco métodos propuestos.

A continuación, se introducen la formulación a los métodos propuestos en objetivo a la construcción a un modelo de probabilidad del que describe las reclamaciones agregadas para un sistema de ocurrencia de seguros en un plan voluntario de salud en un periodo fijo del tiempo, derivando un conjunto de ecuaciones para la estimación de la tarifa. Además, se presentará el método de aprobación a los modelos y su prueba de hipótesis.

3.1. Método del riesgo individual

Este método trata de identificar por qué la mejor representación en el modelo está en seleccionar solo una variable para la modelación; ya sea solo la *frecuencia* o solo la *severidad*. Para el primer caso de modelación, se debe tomar la *frecuencia* como una variable aleatoria determinada, se relaciona en general por el riesgo subyacente del afiliado expuesto, particularmente sus razones se dan por la variabilidad que puede tener una mayor representación en diferentes eventos; ya sea por cuestiones de crecimiento de la empresa, por una mayor cantidad de afiliados expuestos o por una circunstancia de evento masivo en la sociedad, como por ejemplo una epidemia local eleva la frecuencia de uso en el sector salud, como pasó en épocas anteriores. Para el segundo caso de modelación, donde la estimación se realiza para la *severidad* como una variable aleatoria determinada, en general se relaciona por la práctica de los ajustadores del siniestro, particularmente sus razones de variabilidad se pueden analizar por los eventos de aumentos considerables en el costo, o por aumento en crecimiento tecnológico de la empresa, o por eventos macroeconómicos que influyen en el aumento de costos en los insumos en la salud, entre otros.

3.1.1. Modelización de la severidad y reclamaciones constante

Para el modelo de riesgo individual con la modelización de la severidad como una variable aleatoria y las reclamaciones como una constante en el modelo se tiene que, la severidad son los costos individuales (X_{ij}) incurridos para todo riesgo de la cartera j –ésima $\in \{1, \dots, m\}$ y para cada una de las i –ésimas reclamaciones donde $i \in \{1, \dots, n\}$ y que ocurren durante un periodo de tiempo determinado tal que las pérdidas agregadas están dadas por $S = \sum_{i=1}^n X_{ij}$.

Utilizando el modelo de pérdidas agregadas anterior, se requieren unos supuestos adicionales: los costos (X_{ij}) son variables aleatorias independientes no negativas y no distribuidas de forma idéntica, por tanto, este modelo tiene la característica de ser un modelo heterogéneo. Usualmente, la distribución de los costos (X_{ij}) tiene una masa de probabilidad de cero, que corresponde a la probabilidad de no pérdidas o de que no haya riesgo de evento en la cartera j – *ésima* (Klugman, Panjer, & Willmot, 2019, p. 148). Mientras que la distribución de las reclamaciones (N_j) es obtenida de la distribución de los costos (X_{ij}). Usando el enfoque de este modelo la severidad (X_{ij}) es modelada, mientras que los siniestros (N_j) será una constante en el modelo.

Ahora, los costos individuales (X_{ij}) al no ser necesariamente distribuidas idénticamente, como se acaba de mencionar, permiten que la esperanza de las pérdidas agregadas $E(S) = \sum_{i=1}^n E(X_{ij})$. Ahora, bajo el supuesto de independencia en los costos individuales (X_{ij}) implica que $COV(X_{1j}, X_{2j}) = 0$ para todo ($i_1 \neq i_2$) de manera que la varianza de las pérdidas agregadas es $Var(S) = \sum_{i=1}^n Var(X_{ij})$. Además, siendo las reclamaciones (N_j) constantes que se calculan como un promedio aritmético de los datos históricos de las reclamaciones, se tiene que las pérdidas agregadas (S) en el modelo de riesgo individual para la modelización de la severidad, está dada por la media y la varianza respectivamente:

$$E(S) = N * E(X) \quad [11]$$

$$Var(S) = N * Var(X) \quad [12]$$

3.1.2. Modelización de las reclamaciones y severidad constante

Para el modelo de riesgo individual con la modelización de las reclamaciones como un variable aleatoria y la severidad como una variable constante en el modelo se tiene que, las reclamaciones individuales (N_{ij}) incurridas para todo riesgo de la cartera j – *ésima* $\in \{1, \dots, m\}$ y para cada una de las i – *ésimas* reclamaciones donde $i \in \{1, \dots, n\}$ y que ocurren durante un periodo de tiempo determinado tal que las pérdidas agregadas están dadas por $S = \sum_{i=1}^n N_{ij}$.

Al utilizar el modelo de pérdidas agregadas anterior, se tienen, además, los siguientes supuestos, las reclamaciones (N_{ij}) son unas variables aleatorias independientes no negativas y no distribuidas de forma idéntica, por lo que este modelo tiene la característica de ser un modelo heterogéneo. Las distribuciones de las reclamaciones (N_{ij}) tiene una función de masa de probabilidad, que asigna probabilidades de cero a la no ocurrencia de siniestros o a que no haya riesgo de evento en la cartera j – *ésima*, así como es reseñado por los autores (Klugman, Panjer, & Willmot, 2019, p. 148). Mientras que la distribución de los costos (X_j) es obtenida de la distribución de las reclamaciones (N_{ij}). Usando el enfoque de este modelo donde las reclamaciones (N_{ij}) son modelados, mientras que la severidad (X_j) será una constante en el modelo.

Ahora, a través de las reclamaciones individuales (N_{ij}) se calcula la esperanza de las pérdidas agregadas como $E(S) = \sum_{i=1}^n E(N_{ij})$. El supuesto de independencia de las reclamaciones individuales (N_{ij}) implica que $COV(N_{1j}, N_{2j}) = 0$ para todo ($i_1 \neq i_2$), por tanto, la varianza de las pérdidas agregadas está dada por $Var(S) = \sum_{i=1}^n Var(N_{ij})$. Además, como la severidad (X_j) es constante se calcula como el promedio aritmético de los datos históricos de los costos. En consecuencia, se tiene que la variable aleatoria pérdida agregada (S) para el modelo de riesgo individual para la modelización de los siniestros, tiene por media y varianza, respectivamente:

$$E(S) = X * E(N) \quad [13]$$

$$Var(S) = X * Var(N) \quad [14]$$

3.2. Método del riesgo colectivo

Este modelo considera la dependencia entre las variables aleatorias el número de reclamaciones y el costo de la reclamación, ambas involucradas en la suma del monto total de la reclamación (Cossette, Marceau, & Mtalai, 2019). Las series frecuencia y severidad tienen correlación cruzada (Lee & Shi, 2019, p. 115).

Las pérdidas agregadas están dadas por $S = \sum_{i=1}^N X_{ij}$.

Las variables aleatorias de los costos (X_{ij}) y las reclamaciones (N_j) tiene los siguientes supuestos: $(X_{1j}), (X_{2j}), \dots, (X_{nj})$ son independientes, no negativas de una cartera j y si distribuidas idénticamente, esto implica que $COV(X_{ij}, X_{kj}) \neq 0$. Usualmente, la distribución de cada (X_{ij}) tiene una función de masa de probabilidad, tal que, la probabilidad de que no haya evento en la cartera j es de cero (Klugman, Panjer, & Willmot, 2019, p. 148). Las reclamaciones (N_j) y la severidad (X_j), se modelan por separado y se aplica la convolución de ambas distribuciones.

Finalmente, para las pérdidas agregadas (S) en el modelo de riesgo colectivo, se estima su media y varianza:

$$E(S) = E(N) * E(X) \quad [15]$$

$$Var(S) = E(X)^2 * Var(N) + E(N) * Var(X) \quad [16]$$

3.3. Método de la Credibilidad

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de estimar la tarifa o el precio de un plan es evaluar correctamente los costos potenciales. Cuando los suscriptores expuestos es lo suficientemente grande como para tener una experiencia creíble en reclamaciones, esos datos de reclamaciones se pueden utilizar para modificar la tarifa que se habría cobrado solo por un plan de clasificación. Si el plan de clasificación es relativamente simple, la credibilidad de la experiencia de reclamo individual será mayor; si el plan de clasificación es más preciso, la experiencia de reclamación de riesgo individual tendrá menos credibilidad. En un plan de clase simple, hay una mayor cantidad de suscriptores que recibirán las mismas tarifas. Por lo general, se deduce que habrá más heterogeneidad de costos dentro de cada grupo. Por lo tanto, si un suscriptor ha tenido o no un reclamo, será más indicativo de si el costo real (desconocido) de ese individuo difiere del costo promedio del grupo. Si todos los suscriptores dentro del grupo tuvieran exactamente el mismo costo, la experiencia real de las reclamaciones sería puramente fortuita y no tendría credibilidad.

Para determinar la tarificación con base en el concepto de credibilidad, es indispensable la experiencia en las reclamaciones. Para un producto nuevo, no existe esta credibilidad ya que carecería de historia y de experiencia, no habría conocimiento de las reclamaciones.

A lo anterior, la importancia en la aplicación de esta metodología, a tal punto de encontrar un equilibrio en la información que tiene el suscriptor y la información que posee todo un grupo de suscriptores. Ya que, de acuerdo a las características particulares de cada cartera, es muy poco factible aplicar tarifas iguales para riesgos distintos. Es por esto que para la aplicación de este modelo en la presente investigación se tomará una cartera en específico (Tsai & Wu, 2020). A continuación, se presentan la estructura del modelo de credibilidad.

Se tiene el costo estimado (X_{ij}) y representa el costo de las experiencias de las reclamaciones para cada grupo etario representadas en las i –ésimas reclamaciones del grupo, tal que $i \in \{1, \dots, n\}$, para los individuos de la cartera j –ésima en un periodo (t). Sea el costo total estimado de toda la cartera (X_T). Sea (S_{ij}) el costo estimado en un período futuro para el modelo credibilidad. Para aplicar el modelo de la credibilidad, se utiliza la experiencia de pérdida en un período histórico,

con el fin de predecir con mayor precisión la experiencia de pérdida en el siguiente período, con la siguiente expresión:

$$S_{ij} = Z * X_{ij} + (1 - Z) * X_T \quad [17]$$

Luego, la fórmula de la teoría general de la credibilidad está dada por un estimador, el factor de credibilidad Z . A continuación, es necesario determinar la varianza de las medidas hipotéticas de la estructura $VHM = Var[E(S_{Fi}|\theta)] = \tau^2$ y el valor esperado de la varianza del proceso $EPV = Var[E(S_{Fi}|\theta)] = \sigma^2$, tal que:

$$Z = \frac{Var[E(X_{Fi}|\theta)]}{Var(X_{Fi})} = \frac{Var[E(sX_{Fi}|\theta)]}{Var[E(S_{Fi}|\theta)] + E[Var(X_{Fi}|\theta)]} \quad [18]$$

Tal que:

$$Z = \frac{\tau^2}{\tau^2 + \sigma^2} \quad [19]$$

Para lo que el denominador es considerado la varianza total.

3.4. Método Tasa de Fallas de Weibull (Curva de la Bañera)

La curva de la tasa de riesgo se caracteriza por sus componentes físicos, en su forma es llamada Curva de la Bañera. Esta curva presenta tres regiones claves para la interpretación en el tiempo.

La región I conocida como mortalidad infantil, representando el período de arranque donde la tasa de riesgo (S) desciende a medida que pasa el tiempo. Roesch (2012) centra su atención en esta zona para mostrar la relación de calidad y confiabilidad, aspectos que utiliza para mejora y reducción de riesgos del cliente. La región II es conocida como el período de vida útil, siendo ésta la representación de la fase de operación normal que se caracteriza por tener una tasa de riesgo (S) constante, donde las fallas ocurren al azar y se aplica la distribución exponencial. Para esta región, para estimar un buen modelo de la curva de la bañera su parte plana debe tener una extensión relativamente ancha (Zhang, Xie, Tang, & NG, 2005). Por último, la región III representa el desgaste o fatiga y se caracteriza por un rápido incremento en la tasa de riesgo (S) en el tiempo.

Para este método se determina la tasa de fallas o tasa de riesgo (S_{it}), como medida de la velocidad de ocurrencia y viene dada por el número de fallas, si bien para este artículo será el costo (X_{ij}) la representación de la velocidad monetaria de las reclamaciones por unidad de tiempo t , a razón del número de componentes expuestos a la falla (e).

Se representa el costo de las experiencias de las reclamaciones para cada grupo etéreo tal que las i – ésimas son reclamaciones del grupo, para $i \in \{1, \dots, n\}$, pertenecen a todo riesgo de la cartera j – ésima $\in \{1, \dots, m\}$.

$$S_{ij} = \frac{X_{ij}}{e} \quad [20]$$

3.5. Método de Black Scholes de opciones financieras

Sea el tenedor el que tiene el derecho a hacer uso de la opción cuando el precio del activo subyacente (S_t) en el tiempo (t), es superior al precio de ejercicio o precio pactado (S_E). Por el contrario, si el precio del activo subyacente (S_t) en el tiempo (t), es igual o inferior al precio de ejercicio o pactado (S_E), su tenedor no ejercerá la opción y la opción vencerá sin valor alguno (Marín & Rubio, 2001); en resumen, los pagos de la *call europea* al vencimiento pueden resumirse como:

$$\begin{cases} S_t - S_k, & \text{si } S_t > S_E \\ 0, & \text{si } S_t < S_E \end{cases} \quad [21]$$

El valor de una opción se denomina prima y se asemeja a la prima de riesgo calculada por los métodos tradicionales actuariales; la fórmula anterior más popularizada en tiempo continuo para valorar opciones (Black & Scholes, 1973).

Luego, el precio del activo es modelado por el siguiente movimiento browniano geométrico:

$$dS = \mu * S_t * d_t + \sigma * S_t * dW \quad [22]$$

donde (μ) es la tasa de retorno esperada, (σ) es la volatilidad del retorno del activo y (dW) es un movimiento browniano (Black & Scholes, 1973), haciendo uso del cálculo estocástico de Ito y de las ecuaciones diferenciales estocásticas parciales, deriva las siguientes fórmulas para valorar el precio teórico de una opción *call* y una opción *put* europea cuando la acción no paga dividendos (Shreve, 2004).

$$\text{CALL} \quad c = S_t * N(d_1) - S_E * e^{-rt} * N(d_2) \quad [23]$$

$$\text{PUT} \quad p = S_E * e^{-rt} * N(-d_2) - S_t * N(-d_1) \quad [24]$$

donde:

$$d_1 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{S_t}{S_E}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma * \sqrt{T}} \quad [25]$$

$$d_2 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{S_t}{S_E}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma * \sqrt{T}} \quad [26]$$

Las variables necesarias para la aplicación del modelo de Black & Scholes (1973) son: (S_t), precio del activo subyacente en el momento de la valoración de la opción; (S_E), el precio de ejercicio como el precio pactado al iniciar el contrato; (r), la tasa de interés en tiempo continuo; (T), plazo de ejercicio en años; (σ), la volatilidad de la variación del precio del subyacente en términos anuales; (c), la prima de la opción de compra o (prima del mercado); y (p), la prima de la opción de venta (Lamothe & Pérez, 2005) o (prima estimada).

Para el ejercicio a manera de práctica se utilizará la prima de la opción de compra (c), que no es más que la prima del mercado de la competencia.

4. Metodología para la selección del modelo

En este apartado del documento se presentan las diferentes metodologías para determinar el modelo probabilístico de donde provienen los datos.

Para este procedimiento de inferencia de los datos (Lenhard, 2006), utilizando criterios probabilísticos, se plante la siguiente Prueba de Hipótesis de investigación para realizar el análisis lógico por un algoritmo de decisión donde el objetivo del análisis es aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) bajo el criterio de decisión acerca de su validez en la función de distribución, con la prueba de significación determinado por el valor P (Monterrey, 2012). Para esto, los resultados son apoyados computacionalmente con @ Risk mediante la técnica estadística paramétrica.

Es importante para la selección del modelo, la elección de las variables de clasificación para la estimación de la tarificación; estadísticamente se debe basar en cuatro criterios de tipo social, legal, operacional y estadístico (Finger, 2001). Principalmente para el criterio estadístico debe tener tres características que deben ser significativas, homogéneas y creíbles. Y, por último, para la función de distribución de probabilidad (f) de la variable analizada para el cálculo de la prima pura es evaluada bajo tres criterios arrojados por valores en @ Risk:

1. *La mejor explicación* de las distribuciones estimadas evaluadas por el criterio de ajuste de bondad con el menor valor en cada uno de los tres estadísticos.
2. *La validación del ajuste* de las distribuciones estimadas aceptadas (H_0) estadísticamente significativas para el modelo con el criterio el Valor del estadístico (Estadístico de prueba) vs Valor crítico (grado de significancia α del 5%) valorada bajo la siguiente prueba de hipótesis a un nivel de confianza $1 - \alpha$ del 95%.
3. *La selección del modelo* de las distribuciones estimadas evaluadas y estimadas a un nivel de confianza $1 - \alpha$ del 95%, se determinan bajo el criterio del P-valor. La distribución de mayor P-valor que cumplió con los dos criterios anteriores (mejor explicación y validación del ajuste), es la función de distribución de probabilidad (f) seleccionada para las variables en cada metodología evaluada.

4.1. Prueba de bondad

A continuación, se presentan los estadísticos evaluadores para la selección de la función de distribución de probabilidad (f) que mejor explica el comportamiento a las variables que servirá para los estadísticos del modelo.

4.1.1. Mejor explicación del modelo y sus estadísticos de Ajuste de Bondad

Los estadísticos de ajuste de bondad prueban el nivel de coincidencia entre la muestra de los datos históricos de entrada y los datos de estimación ajustados para el futuro. El estadístico también contiene un nivel de confianza en el que los datos de entrada han sido producidos por la función de distribución. Por cada uno de estos estadísticos de ajuste, cuanto menor sea el valor estadístico, mejor es el ajuste.

Los estadísticos de ajuste en @ Risk evaluadores de los datos históricos de entrada el Criterio de Información Akaike (AIC), el Criterio de Información Bayesiano (BIC), Chi Cuadrada (CHI). Además, los estadísticos de ajuste Anderson Darling (AD) y Kolmogorov Smirnov (KS).

Tabla 1. Pruebas de Bondad de Ajuste.

Ajuste de bondad	Fórmula del estadístico	Parámetros	
Chi-Cuadrado (CHI)	$\chi^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$	o_i : Representa cada frecuencia (severidad) observada.	e_i : Representa cada frecuencia (severidad) esperada o teórica.
Anderson Darling (AD)	$A^2 = -N - S$	N : Es el número de observaciones.	
	$S: \sum_{k=1}^N \frac{2k-1}{N} [\ln F(Y_k) + \ln(1 - F(Y_{N+1-k}))]$	$F(Y)$: Es la distribución de probabilidades acumulada.	Y_k : Son los datos obtenidos en la muestra, ordenados de menor a mayor.
Criterio Información Akaike (AIC)	$AIC = -2k - 2 * \ln(L)$	k : Es el número de parámetros del modelo.	$\ln(L)$: Es la función de log-verosimilitud para la distribución de probabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Para el presente documento los datos históricos se evalúan con los estadísticos de ajuste CHI y AD para determinar la *mejor explicación y validación del ajuste* según la prueba de hipótesis. El estadístico AIC no es una prueba del modelo evaluadora de una hipótesis, este estadístico proporciona un medio comparable entre dos modelos como una herramienta para determinar la *selección del modelo*. El menor estadístico AIC servirá para elegir la mejor distribución.

Ahora, ya nombrado los ajustes de bondad, se debe tener en cuenta para calcular las mejores distribuciones de los datos históricos se utilizan dos métodos en @ Risk:

1. Para los *datos históricos de entrada*, los parámetros de la distribución de probabilidad (f) se proyectan utilizando Estimadores de Máxima Probabilidad (Maximum Likelihood Estimators - MLE) o ligeras modificaciones de MLE.
2. Para los *datos históricos de entrada*, la estimación de densidad y acumulativos (F), llamados colectivamente datos de curva, se utiliza el método de mínimos cuadrados para minimizar el Error de Raíz Cuadrada de la Media (RMSErr) que hay entre los puntos de la curva y la función observada (teórica).

4.1.1.1. *Ajuste de Bondad Chi-Cuadrada χ^2 (CHI)*

En este estadístico, para determinar el valor crítico en donde inicia la región de rechazo es necesario determinar el nivel de confianza, el número de clases y los parámetros que definen la distribución de probabilidad; ya que de estos dependen los grados de libertad de la prueba. Dado al momento de realizar el ajuste de datos se pueden encontrar diferentes distribuciones de probabilidad, y estas en algunos casos pueden tener un solo parámetro, como la distribución exponencial λ , o como en la mayoría de los casos tienen dos, como en la distribución Normal (μ ; σ) o en algunas oportunidades tres como en la distribución Triangular (a ; c ; b).

Para evitar tener en cuenta el número de clases y el número de parámetros según la distribución de probabilidad a ajustar, se va a tomar para la determinación de la región de rechazo, como base 300 grados de libertad (donde los grados de libertad son mucho menores que los 365 posibles menos los parámetros, y es un valor que aparece en las tablas χ^2) para lo cual el estadístico Chi queda definido como $\chi^2_{0,95,300} > 260,8781$, es decir, valores por encima de 260,8781 entran en la región de rechazo, por lo cual se rechazaría la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

4.1.1.2. *Ajuste de Bondad Anderson Darling (AD)*

Al igual que la prueba Chi-cuadrada χ^2 , la AD siendo una prueba no paramétrica mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. Para un conjunto de datos y distribución en particular, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será este estadístico. Esta prueba es una variante a la prueba de ajuste de Kolmogorv-Smirnov y será utilizada en vez de ésta, ya que AD es considerada una alternativa más potente, ya que en ésta se quiere dar más peso a las colas de la distribución, siendo ésta ideal para colas pesadas.

Aunque la prueba de AD puede ser aplicada a cualquier distribución, no se dispone de tablas para todos los casos. A continuación, se presentan las regiones de rechazo para algunas distribuciones con un nivel de confianza del 95%: Distribución Normal 0,751, Distribución Exponencial 1,326, Distribución Weibull 0,757, Distribución Log logística 0,660. Dado a la imposibilidad de que no se cuenta con regiones de rechazo para todas las distribuciones, se tomará como referencia la región de rechazo de la Loglogística 0,660 para las distribuciones de probabilidad que no se tiene dato en una tabla, que es la región de rechazo más restrictiva de las regiones conocidas y con base en ésta se aceptará o se rechazará.

4.1.1.3. *Ajuste de Bondad Criterio de Información de Akaike (AIC)*

Es una medida de la calidad relativa del ajuste de datos de una distribución de probabilidad. El AIC proporciona un medio para la *selección del modelo*, pero no de acuerdo a una prueba de hipótesis, sino que entre varias posibles distribuciones de probabilidad se debe escoger la que tiene el menor valor AIC. A diferencia de la prueba Chi-cuadrado χ^2 , este test trata de penalizar un exceso de parámetros ajustados.

Como se mencionó anteriormente el AIC clasifica las distribuciones de probabilidad de acuerdo al valor obtenido del AIC y mientras menor sea este, mejor es el ajuste. Por si solo no dice mucho, ya que, si todas las distribuciones de probabilidad no son apropiadas para determinar la *mejor explicación y validación del ajuste*, él no es capaz de identificar este hecho, por eso debe ir acompañado de otras pruebas de ajuste, tales como la Chi-cuadrado χ^2 y la Anderson Darling.

A continuación, se evalúan los estadísticos de ajuste, se usan para dos propósitos relacionados pero diferentes. *La validación del ajuste* es el proceso por el que se determina si una distribución ajustada es un “aceptable” ajuste para los datos de entrada, mientras que *la selección del modelo* es el proceso de elección de un tipo determinado de distribución mejor ajustada sobre otro.

4.1.2. Validación del ajuste

Para la validación del ajuste se usa la técnica de carácter estocástica Bootstrap paramétrico (Efron & Gong, 1983) ya que se parte de una determinada función de distribución en @ Risk que ayuda a superar limitaciones en los análisis en los que uno o más parámetros eran ajustables en la función de distribución de probabilidad que en muchos casos resultaban inaceptables en el modelo. Esta técnica evita los errores de Tipo II denominado falso negativo, es el error que se comete al aceptar la Hipótesis nula H_0 cuando en realidad es falsa y debería ser rechazada en la población. Esta situación experimental es relacionada con el grado de significancia estadístico α que para los modelos de este documento se evalúa al 5%.

Como ya se había nombrado para el presente documento los estadísticos de ajuste CHI y AD son los que determinan la validación del ajuste según la prueba de hipótesis. En caso de que uno de los dos sea rechazado, con al menos uno de los dos estadísticos sea aceptado, se seleccionara como óptimo la función de distribución de probabilidad f . Lo anterior, con el fin de evitar errores de Tipo I denominado falso positivo, es el error que se comete al rechazar la Hipótesis nula H_0 cuando en realidad es verdadera y debería ser aceptada en la población.

4.1.2.1. *Prueba de Hipótesis*

H_0 . Hipótesis Nula: Los datos se ajustan o siguen una distribución específica.

H_a . Hipótesis Alternativa: Los datos no se ajustan o no siguen una distribución específica.

4.1.2.2. *Región de rechazo*

Si el Valor del estadístico es menor al Valor crítico se acepta H_0 . Se rechaza H_a .

Si el Valor del estadístico es mayor al Valor crítico se acepta H_a . Se rechaza H_0 .

En la validación del ajuste @ Risk arroja resultado de datos “N/D” para algunas funciones de distribución de probabilidad f estimada reportando no existencia de dependencia entre *datos históricos de entrada* y *datos de estimación ajustados* por lo que estas funciones no entran en la validación del análisis y por ende se rechazan, o se evalúa si se genera una distribución manual, la distribución triangular, o finalmente, la validación del ajuste se aprueba con el criterio de AIC y será el criterio para la selección del modelo.

4.1.3. Selección del modelo

Para *la selección del modelo* de las distribuciones estimadas evaluadas y estimadas a un nivel de confianza $1 - \alpha$ del 95%, se determinan bajo el criterio del P-Valor. La distribución de mayor P-Valor que cumpla con los dos criterios anteriores de la *mejor explicación* y de la *validación del ajuste*, es la función de distribución de probabilidad seleccionada para las variables en cada metodología evaluada.

Con el criterio P-Valor, se concluye si cada función es o no significativa para el modelo a pesar de que fueran las mejores distribuciones explicadas arrojadas por @ Risk.

5. Aplicación de modelos y Resultados

Para calcular la función distribución de probabilidad en las variables analizadas se realizaron 1000 remuestros en @RISK. A su vez para la variable costos (S), se utilizó el método de simulación Montecarlo con 1000 iteraciones para estimar la esperanza de la variable para un periodo (t). Se obtiene la estimación de la variable costos (S^*) a continuación se describe el procedimiento realizado.

5.1. Modelo de Riesgo Individual

- a. Se tomó la variable aleatoria de las reclamaciones diarias del plan para el año (t) para la población que cumplía las características de homogeneidad.
- b. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable reclamaciones con el algoritmo del software @RISK.
- c. Se realizó la convolución entre la FDP de las reclamaciones y la severidad constante en este modelo.
- d. Una vez obtenida la convolución, se generaron los números aleatorios con la simulación.
- e. El valor de (S^*) corresponde a las 1000 réplicas de este procedimiento.

Luego:

- f. Se tomó la variable aleatoria severidad diaria de las reclamaciones del plan para el año (t) para la población que cumplía las características de homogeneidad.
- g. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable severidad con el algoritmo del software @RISK.
- h. Se realizó la convolución entre la FDP de la severidad y las reclamaciones como constante en este modelo.
- i. Una vez obtenida la convolución, se generaron los números aleatorios con la simulación.
- j. El valor de (S^*) corresponde a las 1000 réplicas de este procedimiento.

Luego se procede con:

- k. Los dos valores anteriores de (S^*) se promedian, y finalmente se multiplican con la población expuesta total del año (t), para hallar el Modelo de Pérdidas Agregadas para el Modelo de Riesgo Individual.

1. Las pérdidas agregadas se dividen por la población expuesta total del año (t) para obtener la prima pura.

5.2. Modelo de Riesgo Colectivo

- a. Se tomaron las variables aleatorias reclamaciones y la severidad diaria de las reclamaciones del plan para el año (t) para la población que cumplía las características de homogeneidad.
- b. Se estableció la mejor distribución de los datos para cada una de las variables con el algoritmo del software @RISK.
- c. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable pérdidas en el grupo etéreo uno (1) con el algoritmo del software @RISK.
- d. Una vez obtenida la convolución, se generó los números aleatorios con la simulación.
- e. El valor de (S^*) corresponde a las 1000 réplicas de este procedimiento.

Luego se procede con:

- f. Se multiplican (S^*) con la población expuesta total del año (t), para hallar el Modelo de Pérdidas Agregadas para el Modelo de Riesgo Colectivo.
- g. Las pérdidas agregadas se dividen por la población expuesta total del año (t) para obtener la prima pura.

Tabla 2. Prima del Modelo de Riesgo Individual.

1	Modelo de riesgo	FDP frecuencia	FDP Severidad	X ² Frecuencia	X ² Severidad	FDP frecuencia	FDP Severidad	Prima pura	Media	Modelo pérdidas agregadas	PRIMA PURA
Expuestos (e)	Individual	Función de distribución		Valor p – Prueba de hipótesis		Simulada	Simulada	Convolución	E[S]	LDA	
357843	θ_i Frecuencia	N _i Negbin	X _i Severidad constante	0,30 aceptada	2,511	72,697	186,193	186,269	186,269	66649755653.2	186254.4
357843	θ_i Severidad	N _i Frecuencia constante	X _i Normal		2,512	72,682	186,231	186,240	186,240		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Prima del Modelo de Riesgo Colectivo.

2	Modelo De Riesgo	FDP Frecuencia	FDP Severidad	X ² Frecuencia	X ² Severidad	FDP Frecuencia	FDP Severidad	Prima pura	Media	Modelo pérdidas agregadas	PRIMA PURA
Expuestos (e)	Colectivo	Función de distribución		Valor p – Prueba hipótesis		Simulada	Simulada	Convolución	E[S]	LDA	
357843	θ_i Frecuencia-severidad	N _i Negbin	X _i Normal	0,30 aceptada	0,54 aceptada	2,511	72,682	186,156	186,134	66,606,614,151	186,134

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Modelo de Riesgo de Credibilidad

- a. Se evaluaron nueve niveles de riesgo θ_i para este modelo; los nueve grupos etáreos que corresponde a las edades de 0 a 10 años, de 10 a 20 años, de 20 a 30 años, de 30 a 40 años, de 40 a 50 años, de 50 a 60 años, de 60 a 70 años, de 70 a 80 años y mayores de 80 años, cumpliendo así el principio de homogeneidad.
- b. Se tomó la variable aleatoria pérdidas de cada expuesto del plan en el año (t), para el grupo etáreo uno (1) que comprende los expuestos de 0 a 10 años de edad.
- c. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable pérdidas del género femenino con el algoritmo del software @RISK.
- d. Se tomó la variable aleatoria pérdidas de la población total para cada expuesto del plan en el año (t).
- e. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable pérdidas de la población total con el algoritmo del software @RISK.
- f. Se realizó el cálculo del factor Z de credibilidad.
- g. Se realizó la convolución entre la FDP de la variable aleatoria pérdidas de cada uno de los nueve grupos etáreos y la FDP variable aleatoria pérdidas de la población total con su respectivo valor de credibilidad.
- h. Una vez obtenida la convolución, se generaron los números aleatorios con la simulación.
- i. El valor de (S^*) corresponde a las 1000 réplicas de este procedimiento.

Luego:

- j. Se repite el procedimiento anterior para la variable aleatoria pérdidas de cada uno de los grupos etáreos restante.
- k. Los nueve valores anteriores de (S^*) se multiplican por su población expuesta e correspondiente para cada grupo etáreo en el año (t). Finalmente se suman para hallar el Modelo de Pérdidas Agregadas para el Modelo de Riesgo de Credibilidad.
- l. Las pérdidas agregadas se dividen por la población expuesta total del año (t) para obtener la prima pura.

5.4. Modelo de Riesgo de Fallas

- a. Se evaluaron nueve niveles de riesgo θ_i para este modelo; los nueve grupos etáreos que corresponde a las edades de 0 a 10 años, de 10 a 20 años, de 20 a 30 años, de 30 a 40 años, de 40 a 50 años, de 50 a 60 años, de 60 a 70 años, de 70 a 80 años y mayores de 80 años, cumpliendo así el principio de homogeneidad.
- b. Se tomó la variable aleatoria pérdidas de cada expuesto del plan en el año (t), para el grupo etáreo uno (1) que comprende los expuestos de 0 a 10 años de edad.
- c. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable pérdidas en el grupo etáreo uno (1) con el algoritmo del software @RISK.

- d. Se realizó la convolución entre la FDP de la variable aleatoria pérdidas del grupo etéreo uno (1), con respecto a la proporción de la población total con los expuestos correspondientes al grupo etéreo.
- e. Una vez obtenida la convolución, se generaron los números aleatorios con la simulación.
- f. El valor de la estimación (S^*) corresponde a las 1000 réplicas de este procedimiento en el grupo etéreo uno (1).

Luego:

- g. Se repite el procedimiento anterior para la variable aleatoria pérdidas de cada uno de los grupos etéreos restante.
- h. Los nueve valores anteriores de (S^*) se multiplican por su población expuesta e correspondiente para cada grupo etéreo en el año (t). Finalmente se suman para hallar el Modelo de Pérdidas Agregadas para el Modelo de Riesgo de Fallas.
- i. Las pérdidas agregadas se dividen por la población expuesta total del año (t) para obtener la prima pura.

Tabla 4. Prima del Modelo de Riesgo de Credibilidad.

3	Modelo De Riesgo	FDP Pérdidas	FDP Pérdidas	Factor	Criterio Akaike		Criterio Akaike		FDP Pérdidas	FDP Pérdidas	Prima Pura	Media	Modelo Pérdidas Agregadas	PRIMA PURA
		Grupo etéreo i	Grupo etéreo Total		Grupo etéreo i	Grupo etéreo total	Grupo etéreo i	Grupo etéreo total						
Expuestos (e)	Credibilidad	Función de distribución		Z	Valor criterio		Valor criterio		FDP Simulada	FDP Simulada	Convolución	E(S)	LDA	
37316	θ_i Grupo etéreo 1	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.4	9.83E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	292,487	260,659	200,308	200,103	77781416066	217362.1
24222	θ_i Grupo etéreo 2	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.24	4.64E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	208,002	260,659	196,451	196,292		
22061	θ_i Grupo etéreo 3	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.23	4.14E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	220,370	260,659	182,399	182,448		
25206	θ_i Grupo etéreo 4	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.23	4.39E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	216,624	260,659	189,109	190,547		
23608	θ_i Grupo etéreo 5	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.21	3.80E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	210,464	260,659	199,405	199,345		
36439	θ_i Grupo etéreo 6	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.27	5.73E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	213,518	260,659	201,788	202,285		
59721	θ_i Grupo etéreo 7	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.34	9.38E+05	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	216,324	260,659	207,066	206,564		
64610	θ_i Grupo etéreo 8	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.4	1.13E+06	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	252,492	260,659	222,778	222,608		
64660	θ_i Grupo etéreo 9	S_{Ti} Invgauss	S_{Ti} Invgauss	0.53	1.45E+06	Aceptada	6.78E+06	Aceptada	371,789	260,659	275,973	277,387		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Prima del Modelo de Riesgo de Fallas.

4	Modelo de Riesgo		Criterio Akaike Grupo etéreo i		FDP Pérdidas grupo etéreo i	Prima pura	Media	Modelo Pérdidas Agregadas	PRIMA PURA
Expuestos (e)	Fallas (Curva Bañera)	Función de distribución	Valor criterio		FDP Simulada	Convolución	E[S]	LDA	
37316	θ_i Grupo etéreo 1	S_{GEi} Invgauss	9.83E+05	Acceptada	292,487	214,292	215,523	75887068389.7432	212068.300208569
24222	θ_i Grupo etéreo 2	S_{GEi} Invgauss	4.64E+05	Acceptada	208,002	164,610	164,754		
22061	θ_i Grupo etéreo 3	S_{GEi} Invgauss	4.14E+05	Acceptada	220,370	159,865	159,609		
25206	θ_i Grupo etéreo 4	S_{GEi} Invgauss	4.39E+05	Acceptada	216,624	163,629	163,748		
23608	θ_i Grupo etéreo 5	S_{GEi} Invgauss	3.80E+05	Acceptada	210,464	167,959	167,797		
36439	θ_i Grupo etéreo 6	S_{GEi} Invgauss	5.73E+05	Acceptada	213,518	173,634	173,291		
59721	θ_i Grupo etéreo 7	S_{GEi} Invgauss	9.38E+05	Acceptada	216,324	182,460	182,522		
64610	θ_i Grupo etéreo 8	S_{GEi} Invgauss	1.13E+06	Acceptada	252,492	218,556	220,347		
64660	θ_i Grupo etéreo 9	S_{GEi} Invgauss	1.45E+06	Acceptada	371,789	321,078	321,567		

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Modelo de Riesgo de Black-Scholes

- a. Se evaluaron doce niveles de riesgo θ_i para este modelo; corresponde a los doce meses del año (t), cumpliendo así el principio de homogeneidad.
- b. Se tomó la variable aleatoria pérdidas de cada expuesto del plan en el año (t), para el mes uno (1).
- c. Se estableció la mejor distribución de los datos para la variable pérdidas para el mes uno (1) con el algoritmo del software @RISK.
- d. Se realizó la convolución entre la FDP de la variable aleatoria pérdidas del mes uno (1), con respecto a la proporción de la población total con los expuestos correspondientes a dicho periodo.
- e. Una vez obtenida la convolución, se generaron los números aleatorios con la simulación.
- f. El valor de la estimación (S^*) corresponde a las 1000 réplicas de este procedimiento del mes uno (1).
- g. El valor anterior corresponde al costo estimado (S_t^*) para el mes uno (1). También se puede identificar como el valor del Subyacente.
- h. El costo de ejercicio (S_E^*), es el valor pactado inicialmente en el contrato. Para el presente documento, utilizaremos el costo de ejercicio bajo el supuesto del valor promedio ponderado de la media de los costos (S) de cada mes y su respectivo peso de los expuestos de cada mes. Este costo de ejercicio es igual para todos los meses.
- i. La tasa de retorno r , es un 15% anual ya que es el retorno máximo exigido por la ley en Colombia. Esta tasa de retorno es igual para todos los meses.
- j. El tiempo T , es de 1 año ya que los datos se están evaluando para este periodo de tiempo. El tiempo es igual para todos los meses.
- k. La volatilidad σ para el mes uno (1), corresponde a la desviación porcentual de las pérdidas del mes uno (1).
- l. Se procede a calcular el valor de la opción call de Black-Sholes.
- m. Se procede a evaluar el criterio de la opción call de Black-Sholes.

Luego:

- n. Se repite el procedimiento anterior para la variable aleatoria pérdidas de cada uno de los meses restantes.
- o. Los doce valores anteriores de (S^*) se multiplican por su población expuesta e correspondiente para cada grupo etáreo en el año t .
- p. De los doce meses se evalúa aquellos costos generados por la opción call al no ejercerla, y se multiplican por su población expuesta e correspondiente para cada mes del año t .
- q. Finalmente se suman los dos resultados anteriores para hallar el Modelo de Pérdidas Agregadas para el Modelo de Riesgo Black-Scholes.
- r. Las pérdidas agregadas se dividen por la población expuesta total del año t para obtener la prima pura.

Tabla 6. Prima del Modelo de Riesgo Black-Scholes.

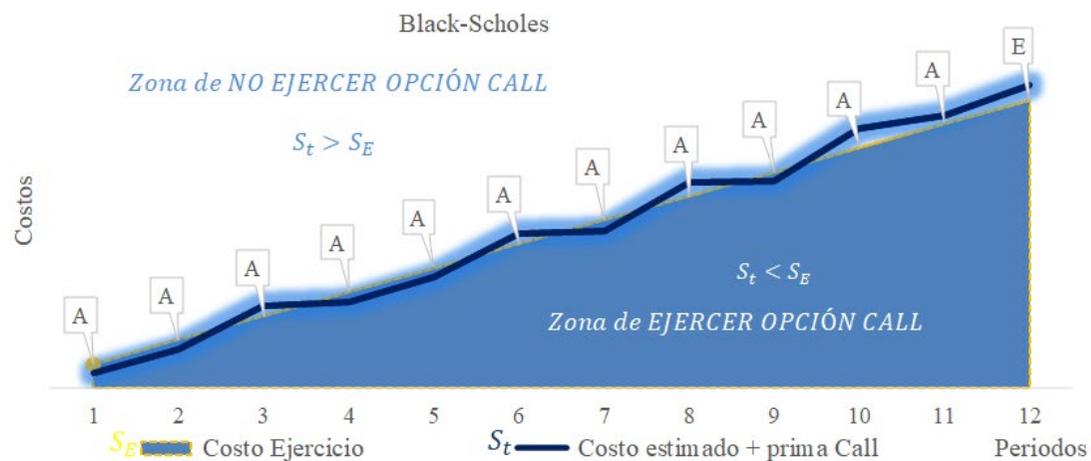
5	Modelo De Riesgo	FDP Pérdidas Mes i								
Expuestos (e)	Black-Scholes	Función de distribución	r	T	σ	d1	d2	Call	Se	
29866	θ_i Mes 01	S_{GEi} Pearson5	15%	1	75%	0.56	-0.20	36,042	106,560	
29773	θ_i Mes 02	S_{GEi} Pearson5	15%	1	74%	0.55	-0.19	35,211	106,560	
29711	θ_i Mes 03	S_{GEi} Pearson5	15%	1	83%	0.61	-0.23	40,528	106,560	
29703	θ_i Mes 04	S_{GEi} Pearson5	15%	1	73%	0.53	-0.20	34,233	106,560	
29762	θ_i Mes 05	S_{GEi} Pearson5	15%	1	75%	0.57	-0.18	36,692	106,560	
29737	θ_i Mes 06	S_{GEi} Pearson5	15%	1	78%	0.60	-0.18	38,830	106,560	
29805	θ_i Mes 07	S_{GEi} Pearson5	15%	1	76%	0.56	-0.20	36,288	106,560	
29831	θ_i Mes 08	S_{GEi} Pearson5	15%	1	76%	0.61	-0.15	39,240	106,560	
29864	θ_i Mes 09	S_{GEi} Pearson5	15%	1	73%	0.56	-0.17	35,935	106,560	
29932	θ_i Mes 10	S_{GEi} Pearson5	15%	1	75%	0.63	-0.12	40,283	106,560	
29980	θ_i Mes 11	S_{GEi} Pearson5	15%	1	75%	0.58	-0.17	37,123	106,560	
29873	θ_i Mes 12	S_{GEi} Pearson5	15%	1	78%	0.61	-0.17	39,365	106,560	

Modelo de Riesgo	Criterio Opción de compra Call		Criterio Akaike Mes i		FDP Pérdidas grupo etáreo i	Prima Pura	Media St	Media St	Modelo Pérdidas Agregadas	PRIMA PURA
Black-Scholes	PP > E: No ejerce		Valor criterio		FDP Simulada	Convolución	E[S]	E[S] + Call	LDA	
θ_i Mes 01	EJERCE	0	1.26E+06	Aceptada	104,382	104,382	105,061	141,102	51646877478.6	144328.5
θ_i Mes 02	EJERCE	0	1.19E+06	Aceptada	104,909	104,909	104,828	140,040		
θ_i Mes 03	No ejerce	40,528	1.32E+06	Aceptada	108,245	108,245	107,466	147,994		
θ_i Mes 04	EJERCE	0	1.25E+06	Aceptada	104,168	104,168	103,538	137,771		
θ_i Mes 05	EJERCE	0	1.31E+06	Aceptada	106,825	106,825	106,307	142,999		
θ_i Mes 06	No ejerce	38,830	1.28E+06	Aceptada	108,552	108,552	107,724	146,554		

θ_i Mes 07	EJERCE	0	1.29E+06	Aceptada	105,901	105,901	105,170	141,458		
θ_i Mes 08	No ejerce	39,240	1.28E+06	Aceptada	107,828	107,828	109,266	148,506		
θ_i Mes 09	EJERCE	0	1.24E+06	Aceptada	106,545	106,545	105,930	141,865		
θ_i Mes 10	No ejerce	40,283	1.24E+06	Aceptada	105,285	105,285	111,254	151,536		
θ_i Mes 11	No ejerce	37,123	1.16E+06	Aceptada	106,912	106,912	106,974	144,096		
θ_i Mes 12	No ejerce	39,365	1.19E+06	Aceptada	109,164	109,164	108,633	147,998		

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 1. Opción call de Black-Scholes.



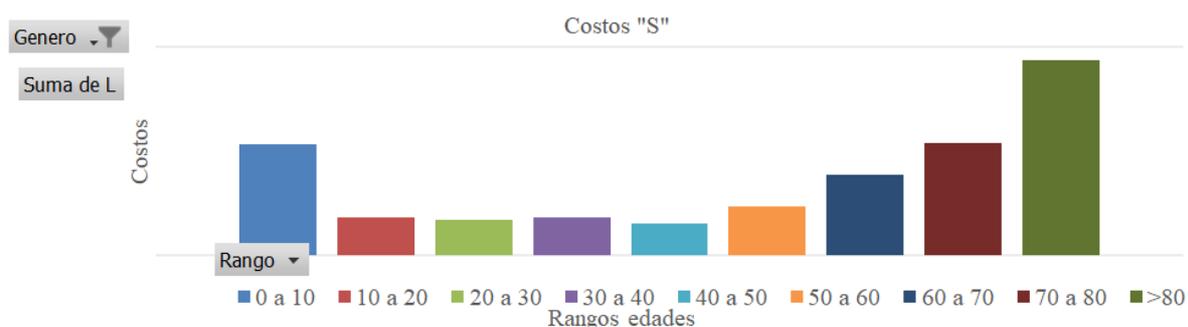
Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusión

Los modelos aplicados para la prima de la tarifa permiten al actuario tener más campo de decisión a la hora de tarifar. En esta investigación se concluye que todos los modelos se pueden ajustar al momento de requerir estimar una tarifa, solo hace falta conocer muy bien el negocio al cual aplicar el modelo de tal forma que las variables puedan ser las apropiadas a la hora de calcular primas óptimas para cubrir con gran eficiencia las futuras pérdidas ocasionadas por los siniestros.

La Ilustración 2 fue un apoyo fundamental para analizar ciertas metodologías: mostró la necesidad de comprender el modelo de la teoría de fallas para aplicar correctamente el modelo. Mostrando con claridad lo que en el modelo era necesario, las tres etapas: de iniciación, de meseta y la etapa de finalización, formando en su conjunto la curva de la bañera y soportado desde lo estadístico con los resultados de la tarificación como se puede apreciar en la ilustración 3, con la mayor presencia en los niveles de riesgo 1, 8 y 9.

Ilustración 2. Costos por niveles de riesgo.



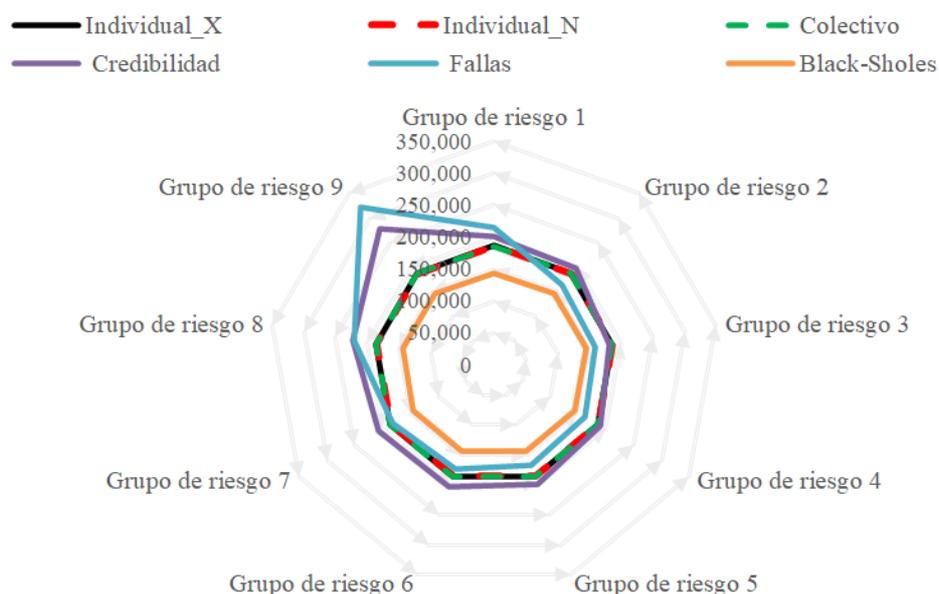
Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 3, tres métodos, el método individual para las reclamaciones, el método individual para los costos y el método colectivo, se encontraron en una misma línea de prima. De tal manera que los resultados en sus distribuciones se ajustaron con primas similares. Los modelos de credibilidad y teoría de fallas presentaron unos resultados llamativos, desde el punto de vista de volatilidad, particularmente, para el grupo de riesgo 9, en este grupo se exhibe el mayor costo en las primas.

Para el modelo de Black-Scholes, las primas podrían no ser suficientes si la situación real cambiara; en tal caso, las primas, eventualmente, pueden ser superadas por las expectativas, y, a su vez, pueda fallar el principio de suficiencia. Esto comparado con el nivel de tarificación de los demás modelos.

Sin embargo, a pesar de que el modelo de Black Scholes no es el óptimo, dentro de los modelos analizados, es de rescatar como estos modelos diferentes, con respecto de los modelos utilizados en la actuaria, pueden presentar una buena aproximación a la hora de calcular tarifas y, seguramente, el modelo Black-Scholes, con un mejor ajuste, se puede incluir como una metodología para tener en cuenta.

Ilustración 3. Primas por modelos y niveles de riesgo.



Fuente: Elaboración propia.

Referencias

- Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of political economy*, 81(3), 637-654.
- Bühlmann, H. (1969). Experience rating and credibility. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 5(2), 157-165.
- Chen, Y., Cheung, K.C., Choi, H.M., & Yam, S. C. (2020). Evolutionary credibility risk premium. *Insurance: Mathematics and Economics*, 93, 216-229.
- Committee on Ratemaking Principles (Mayo de 1988). *Statement of Principles Regarding Property and Casualty Insurance Ratemaking*. https://www.casact.org/education/spring/2012/handouts%5CSession_5134_handout_401_0.pdf
- Cossette, H., Marceau, E., & Mtalai, I. (2019). Collective risk models with dependence. *Insurance: Mathematics and Economics*, 87, 153-168.
- Denuit, M.M., Kiriliouk, A., & Segers, J. (2015). Max-factor individual risk models with application to credit portfolios. *Insurance: Mathematics and Economics*, 62, 162-172.
- Efron, B., & Gong, G. (1983). A Leisurely Look at the Bootstrap, the Jackknife, and Cross-Validation. *The American Statistician*, 37(1), 36-48.
- Finger, R.L. (2001). Risk Classification. En *Foundations of Casualty Actuarial* (4th ed., pp. 287-342). Casualty Actuarial Society.
- Fisher, R.A. (1955). Statistical Methods and Scientific Induction. *Journal of the Royal Statistical Society*, 17(1), 69-78.

- Garrido, J., & Genest, C. (2016). Generalized linear models for dependent frequency and severity of insurance claims. *Insurance: Mathematics and Economics*, 70, 205-215.
- Gulumser, M., Tonkin, R.S., & Johannes, D.J. (2002). Competition in the general insurance industry. *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft*, 91(3), 453-481.
- Hua, L. (2015). Tail negative dependence and its applications for aggregate loss. *Mathematics and Economics*, 61, 135-145.
- Jeong, H., & Valdez, E.A. (2020). Predictive compound risk models with dependence. *Insurance: Mathematics and Economics*, 94, 182-195.
- Jiang, R. (2013). A new bathtub curve model with a finite support. *Reliability Engineering & System Safety*, 119, 44-51.
- Klugman, S.A., Panjer, H.H., & Willmot, G. E. (2008). *Loss Models. From Data to Decisions* (3th ed.). Hoboken, New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Klugman, S.A., Panjer, H. H., & Willmot, G.E. (2019). *Loss Models: From Data to Decisions* (5th ed.). New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Lamothe, P., & Pérez, M. (2005). *Opciones financieras y productos estructurados* (3th ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Lee, G.Y., & Shi, P. (2019). A dependent frequency-severity approach to modeling longitudinal insurance claims. *Insurance: Mathematics and Economics*, 87, 115-129.
- Lenhard, J. (2006). Models and Statistical Inference: The Controversy between Fisher and Neyman-Pearson. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 57(1), 69-91.
- Marín, J.M., & Rubio, G. (2001). *Economía financiera*. Antoni Bosch editor.
- Martel, M., Hernández, A., & Vázquez, F.J. (2012). On the independence between risk profiles in the compound collective risk actuarial model. *Mathematics and Computers in Simulation*, 82(8), 1419-431.
- Migon, H.S., & Moura, F.A. (2005). Hierarchical Bayesian collective risk model: an application to health insurance. *Insurance: Mathematics and Economics*, 36(2), 119-135.
- Miller, R. B., & Hickman, J.C. (1975). Teoría de la credibilidad del seguro y estimación bayesiana. *Teoría y aplicaciones de la credibilidad*, 249-270.
- Minsalud. (2020). *Estudio de suficiencia y de los mecanismos de ajuste del riesgo para el cálculo de la Unidad de Pago por Capitación, recursos para garantizar la financiación de tecnologías en salud y servicios en los regímenes Contributivo y Subsidiado*. Colombia: Ministerio de la Salud.
- Monterrey, P. (2012). $P < 0,05$, ¿Criterio mágico para resolver cualquier problema o leyenda urbana? *Universidad Javeriana*, 17(2), 203-215.
- Moreno, M.T., & Ramos, L. (2003). *Aplicación de Modelos de Credibilidad para el Cálculo de Primas en el Seguro de Automóviles*. Comisión Nacional de Seguros y Fianzas de los Estados Unidos Mexicanos.

- Mudholkar, G.S., Asubonteng, K.O., & Hutson, A.D. (2009). Transformation of the bathtub failure rate data in reliability for using Weibull-model analysis. *Statistical Methodology*, 6(6), 622-633.
- Norberg, R. (1979). The credibility approach to experience rating. *Scandinavian Actuarial Journal*, 4, 181-221.
- OCDE. (2016). Principios de Gobierno Corporativo de la OCDE y del G20. (p. 68). Paris: OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264259171-es>
- Parodi, P. (2015). *Pricing in General Insurance* (Vol. 10). New York: Chapman and Hall.
- Roesch, W. J. (2012). Using a new bathtub curve to correlate quality and reliability. *Microelectronics Reliability*, 52(12), 2864-2869.
- Roos, B. (2007). On variational bounds in the compound Poisson approximation of the individual risk model. *Insurance: Mathematics and Economics*, 40(3), 403-414.
- Shreve, S.E. (2004). *Stochastic calculus for finance II: Continuous-time models* (Vol. 11). New York: Springer.
- Schinzinger, E., Denuit, M.M., & Christiansen, M.C. (2016). A multivariate evolutionary credibility model for mortality improvement rates. *Insurance: Mathematics and Economics*, 69, 70-81.
- Tsai, C.C.-L., & Wu, A.D. (2020). Incorporating hierarchical credibility theory into modelling of multi-country mortality rates. *Insurance: Mathematics and Economics*, 91, 37-54.
- Wen, L., Wu, X., & Zhou, X. (2009). The credibility premiums for models with dependence induced by common effects. *Insurance: Mathematics and Economics*, 44(1), 19-25.
- Werner, G., & Modlin, C. (2019). *Basic Ratemaking*. Casualty Actuarial Society.
- Xie, M., Tang, Y., & Goh, T. N. (2002). A modified Weibull extension with bathtub-shaped failure rate function. *Reliability Engineering & System Safety*, 76(3), 279-285.
- Yang, J., Zhou, S., & Zhang, Z. (2005). The compound Poisson random variable's approximation to the individual risk model. *Insurance: Mathematics and Economics*, 36(1), 57-77.
- Yeo, K.L., & Valdez, E.A. (2006). Claim dependence with common effects in credibility models. *Insurance: Mathematics and Economics*, 38(2), 609-629.
- Zhang, T., Xie, M., Tang, L.C., & NG, S.H. (2005). Reliability and modeling of systems integrated with firm ware and hard ware. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 12(3), 227-339.



Valoración de estrategias competitivas, acuerdos colaborativos y penalizaciones con Opciones Reales Multinomiales y Teoría de Juegos

MILANESI, GASTÓN SILVERIO

Universidad Nacional del Sur (Argentina)

Correo electrónico: milanesi@uns.edu.ar

RESUMEN

El diseño y elección de estrategias en entornos competitivos requiere considerar tres posibles fuentes de incertidumbre: riesgos derivados de las acciones propias, riesgos emergentes de estados de la naturaleza y riesgos derivados de las decisiones de competidores. La Teoría de Opciones Reales analiza los dos primeros riesgos, pero no incorpora la incertidumbre derivada de las acciones de los competidores. Para ello, la Teoría de Juegos debe sumarse al modelo. Se desarrolla un modelo numérico de Teoría de Juego y Opciones Reales Multinomiales, para valorar estrategias competitivas secuenciales de iniciativa (preemption) y acuerdos estratégicos (join venture). Además, para los acuerdos es desarrollado un modelo de cálculo de penalizaciones, una herramienta analítica para calcular resarcimientos monetarios ante incumplimiento contractual. Las estrategias puras y mixtas son seleccionadas con equilibrios de Nash y valoradas con opciones reales multinomiales. El marco teórico expone el modelo binomial y el multinomial para evaluar riesgo tecnológico y de mercado no correlacionado. También, son desarrollados los elementos básicos de la Teoría de Juegos y sus formas de resolución. A continuación, utilizando la metodología de casos, el modelo es aplicado para valorar casos de estrategias de iniciativa y acuerdo. Los resultados obtenidos son presentados en forma extensiva y matricial. Finalmente, se expone la valoración de multas para inducir las conductas cooperativas y cumplimiento de acuerdos.

Palabras clave: valoración de estrategias; opciones reales multinomiales; teoría de juegos; estrategia de iniciativa; acuerdo estratégico; valoración de penalizaciones.

Clasificación JEL: C71, C72, G13, G32.

MSC2010: 03H10.

Valuation of competitive strategies, collaborative agreements and penalties with Multinomial Real Options and Game Theory

ABSTRACT

In competitive environments, the design and election of strategies demand considered three potential sources of uncertainty: risks derived from self-actions, risks emerged from states of nature and risks derived from competitors' decisions. The Real Options Theory analyses the first two risks, but doesn't incorporate the uncertainty derived from competitors' actions. For that, the Games Theory must be added to the model. Its develops a numerical model of Games Theory and Multinomial Real Options for value sequential preemption strategies and join venture. In addition, for the agreement a penalty calculator model is developed, an analytic tool for calculating monetary compensations facing contractual defaults. The strategies pure and mixed are selected with Nash equilibrium and valued with multinomial real options model. The theoretical framework exposes the binomial and multinomial model for valuing non correlation technological and markets risk. Also, Game Theory' basic elements and resolutions forms are developed. Next, using the cases methodology, the model is applied for valuing preemption and join venture strategies cases. The obtained results are showed in extensive and matrix form. Finally, for inducing cooperative behaviors and agreement's observance, the pecuniary fine valuation is exposed.

Keywords: strategies valuation; multinomial real options; game theory; pre-emption; join venture; penalties valuation.

JEL classification: C71, C72, G13, G32.

MSC2010: 03H10.



1. Introducción

Las decisiones de inversión en mercados competitivos pueden asimilarse a un “juego” donde la elección de la mejor estrategia es función de su valor actual y las posibles respuestas de los competidores. El análisis debe incorporar tres tipos de incertidumbres: propias de las decisiones propias del agente, emergentes de los estados de la naturaleza, las posibles acciones que seleccionen competidores y otros agentes. En tal sentido, el objetivo del presente trabajo es proponer un modelo analítico que incorpore las fuentes de incertidumbres aludidas para la elección de la estrategia que maximiza el beneficio esperado de la firma. El resultado del modelo y consecuente elección se condiciona al conjunto de información presente disponible sobre el futuro, donde las decisiones presentes condicionan las futuras (Massé, 1963).

La Teoría de Opciones Reales proporciona el marco conceptual para valorar la flexibilidad estratégica contenida en las decisiones de inversión, no obstante, solamente dos fuentes de incertidumbre son incorporadas en forma activa: riesgo de las decisiones propias y de los estados de la naturaleza. Los cursos de acción de la competencia son una variable pasiva. Por otro lado, dado los pagos y expectativas de los agentes, la Teoría de Juegos presenta el marco teórico para modelar las potenciales conductas, sobre la base de soluciones de equilibrio.

El resultado de conjugar la Teoría de Opciones Reales con Teoría de Juegos da como resultado un conjunto de modelos, siguiendo a Smit y Trigeorgis (2004), estos se clasifican en:

- a. Modelos Simples de Teoría de Juego y Opciones Reales (SROG, *standard real options games*): los primeros trabajos corresponden a Smit y Ankum (1993), Dixit y Pindyck (1994), Grenadier (1996), Kulatilaka y Perotti (1998), Smit (2003), Chevalier-Roignant, Flath y Trigeorgis (2011), entre otros. El común denominador de estos modelos está dado por los supuestos básicos: el valor de la inversión es una variable aleatoria (subyacente) que sigue un proceso estocástico (por lo general geométrico y aritmético browniano con modificaciones). El proceso planteado de manera discreta o continua y los agentes neutrales al riesgo. El costo de la inversión es hundido y cierto. El problema es estudiado de manera aislada, donde es analizado el curso de acción y valorado mediante modelos de opciones. Seguidamente es analizada la interacción estratégica entre los competidores, planteando soluciones de equilibrio que permitan anticipar y explicar conductas. Los casos de estudios tradicionales son: las estrategias de iniciativa (*preemption game*) y las de desgaste (*war of attrition game*). En el primer caso existen incentivos a tomar la primera decisión, como el caso de lanzamiento de un producto donde la iniciativa inicial tenga como recompensa esperada una mayor participación de mercado mediante la generación de barreras de entradas para el rival. En las estrategias de desgaste se supone que existe un incentivo a esperar y mover en segundo término. En ambos casos la ventaja competitiva se supone limitada. En estos casos el movimiento de quien toma la iniciativa o del seguidor, no elimina la potencial participación de mercado correspondiente al rival. Las conductas cooperativas permiten acceder situaciones superiores en relación a los resultados de suma cero (Axelrod, 1986). En términos de cursos de acción de empresas implica promover la concreción de acuerdos estratégicos, estableciendo penalizaciones que promuevan incentivos de cumplimiento (Milanesi & Thomé, 2015).
- b. Modelos Complejos de Teoría de Juegos y Opciones Reales (NSROG, *non-standard real options games*). Presentan dos o más variables estocásticas y las decisiones no se toman en un punto del tiempo determinado. Se conjugan modelos microeconómicos sobre estructuras de mercados con opciones de salidas, asimetrías entre firmas, estructuras informativas (perfectas/imperfectas), cooperación entre firmas, participaciones en el mercado, entre otras situaciones de mercado-competencia. Se puede citar trabajos como los de Ghemawat y Nalebuff (1985), Fudenberg y Tirole (1986), Lambrecht (2001), Grenadier (2002), Lambrecht y Perraudin (2003), Paxson y Pinto (2003), Murto (2004), Smit y Trigeorgis (2004), Pawlina y Kort (2006), Hsu y Lambrecht (2007), Paxson y Melmane (2009), Armada, Kryzanowski y Pereira (2009), Thijssen (2010), Graham (2011), Boyer, Laserrere, Moreaux (2012), entre otros.

Un aspecto que diferencia a la Teoría de Juegos con los SROG está dado por la manera de estimar los pagos (flujos) esperados, donde en los modelos SROG son calculados aplicando Teoría de Opciones Reales, cosa que no sucede en un planteamiento tradicional de juegos.

El trabajo propone un modelo simple de Opciones Reales y Teoría de Juegos para valorar estrategias de iniciativa y acuerdos estratégicos cuantificando penalizaciones. El aporte del trabajo reside en proponer un modelo sencillo, discreto, que valora múltiples fuentes de incertidumbre con opciones reales arco iris y las conductas de los agentes se anticipa con los equilibrios de un juego. Además, el trabajo propone un modelo de cuantificación de penalizaciones ante el incumplimiento de conductas pactadas en acuerdo estratégicos con soluciones cooperativas. El trabajo se estructura de la siguiente manera: en la siguiente sección es desarrollado el modelo numérico de valoración estratégica. Seguidamente, analizando la técnica de casos en administración, se plantea una estrategia de lanzamiento con diferimiento o inversión, sin acuerdo estratégico y luego con acuerdo. Finalmente se exponen las principales conclusiones.

2. Marco teórico: Opciones Reales Multinomiales y Teoría de Juegos

La presente sección se realiza una breve revisión sobre los fundamentos de los modelos de opciones reales y la valoración binomial y multinomial. Este último es la herramienta para valuar opciones arco iris, que describen múltiples fuentes de riesgo, para este caso el tecnológico y de mercado. El desarrollo de las opciones arco iris es tomado de Copeland y Antirakov (2003) y Brous (2011). Seguidamente se presentan los conceptos vinculados a la Teoría de Juegos, sus elementos y formas de resolución, en especial usando equilibrios de Nash. La valoración de las estrategias de iniciativa con un modelo multinomial y en base a equilibrios modelar los posibles comportamientos de los agentes son los insumos para analizar estrategias con un modelo simple de opciones y juegos, siguiendo la lógica de Smit y Trigeorgis (2004).

2.1. Modelo binomial y multinomial en la valoración de Opciones Reales

La valoración de la flexibilidad estratégica reconoce sus bases en modelo de Black-Scholes-Merton (Black & Scholes, 1972; Merton, 1973) para valuar contratos de opciones financieras, este último conocido bajo las siglas BMS. Ante la necesidad de aplicar la lógica de la valuación contingente a las estrategias y decisiones de inversión empresariales, fue menester desarrollar un modelo sencillo en tiempo discreto (Wilmott, 2009). Como respuesta nace el modelo binomial de valuación de opciones desarrollado por Cox, Ross y Rubinstein (1979), conocido bajo las siglas CRR, luego el modelo Rendleman y Bartter (1979) y a continuación el modelo propuesto de Jarrow y Rudd (1982), siendo el primero de los tres el de mayor difusión. En el caso del modelo binomial, en función de sus especificaciones y planteamiento de variables a lo largo de su desarrollo, y conservando su estructura binomial, derivó en once variantes, en el límite todas generando el mismo resultado que BSM (Van der Hoek & Elliot, 2006; Chance, 2008).

En el caso de las opciones reales, una de las primeras aproximaciones fue desarrollada por Merton (1974), al considerar el capital accionario como una opción de compra sobre los activos. Del modelo de Merton se desprenden un conjunto de adaptaciones utilizando opciones exótica barrera para predecir fracasos financieros (Brockman & Turtle, 2003; Milanese, Pesce & El Alabi, 2016; Milanese, 2019) o planteamientos binomiales donde el valor de la firma en marcha es condicionado a las posibilidades de fracasos financieros (Broadie & Kaya, 2007)). Dada la necesidad de vincular el planamiento estratégico con las finanzas coporativas los primeros trabajos desarrollan modelos en tiempo discreto o continuo para valorar flexibilidad estratégica en situaciones específicas, tanto operativa (opciones de diferimiento, crecimiento compuestas, abandono, contracción, expansión, intercambio de tecnología) como financiera (opción de default o salidas tempranas) entre otras (Dixit & Pindyck, 1994; (Smit & Nau, 1995; Trigeorgis, 1995). Un interesante desarrollo sobre los trabajos seminales en materia de opciones se puede encontrar en Smit y Trigeorgis (2004), capítulo 3.

El modelo supone mercados financieros perfectos, eficientes informativamente y completos. La completitud de mercado permite suponer que el riesgo correspondiente a los flujos del proyecto surge de la volatilidad de activos financieros gemelos o réplica manteniéndose constante para todo el horizonte de proyección. En su instrumentación este supuesto resulta relevante, pues no siempre los mercados son completos para cualquier clase de proyectos o activos reales (intangibles, empresas de base tecnológica, empresas cerradas, estrategias puntuales de la firma) (Dixit & Pindyck, 1994; Smith & Nau, 1995). Este es una de las debilidades que presenta producto de la diferente naturaleza de los activos reales frente a los financieros. Los primeros no son divisibles, a menudo carecen de liquidez, no existe eficiencia informativa y por ende frecuencia de datos, que aseguren el cumplimiento del teorema central del límite y normalidad (Wilmott, 2009). En el caso de activos reales cuyos flujos de fondos se encuentren explicados principalmente por la evolución del precio de un commodity (industrias extractivas o explotaciones primarias), existe información de mercado para inferir la volatilidad y aplicar modelos de pagos contingentes. La mayoría de los primeros trabajos versan sobre este tipo de proyectos. En el caso de innovaciones como empresas de base tecnológicas, nuevas estrategias o desarrollo de intangibles, a menudo no existen precios de mercado comparables ni observables. En estos casos debe inferirse la volatilidad mediante simulación a partir del enfoque MAD (marketed asset disclaimer).

Como consecuencia de ello evolucionó hacia formas complejas, en especial hacia el tratamiento de la volatilidad. En este sentido se pueden agrupar los modelos en:

- a) Enfoques de simulación para calcular volatilidad a partir del modelo MAD (*Marketed Asset Disclaimer*): Copeland & Antikarov, 2003; Smith, 2005; Medina & Rodriguez, 2010; Brandao, Dyer & Hahn, 2012; Pareja, Prada & Moreno, 2019, entre otros.
- b) Incorporación de momentos estocásticos de orden superior, probabilidades implícitas; desplazamiento en la volatilidad y variación en el riesgo: Rubinstein, 1983, 1994; Derman, Kani & Chriss, 1996; Rubinstein, 1998; Haahtela, 2010, 2011; Milanesi, 2013; Milanesi, Pesce & El Alabi, 2013; Milanesi & Tohmé, 2014; Culik, 2016, entre otros.
- c) Desagregación de riesgos y uso de rejillas multinomiales: Boyle, 1988; Smith & Nau, 1995; Rubinstein, 2000; Lari-Lavassani, Simchi & Ware, 2001; Gamba & Trigeorgis, 2007; Korn & Muller, 2009; Brandao & Dyer, 2009; Brous, 2011; Haahtela, 2011; Zapata, 2019; Milanesi, 2021, 2022, entre otros.

A continuación, serán desarrollados los fundamentos del modelo binomial. Seguidamente será abordado el desarrollo del modelo multinomial con múltiples fuentes de incertidumbre, que será la herramienta para valorar estrategias de los agentes empleando opciones arco iris.

2.1.1. Modelo binomial

El modelo supone que todos los riesgos del proyecto son explicados y resumidos por la volatilidad (σ) correspondiente a la variabilidad de los flujos de fondos esperados generados por el activo real (subyacente). La variable indicada es la puerta de entrada para calcular coeficientes de ascenso (u) y descenso (d) cuya función es modelar el recorrido estocástico discreto del subyacente.

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \quad [1]$$

$$d = \frac{1}{u} \quad [2]$$

A continuación, calcular los coeficientes neutrales al riesgo (p):

$$p = (e^{rt} - d)/(u - d) \quad [3]$$

El proceso recursivo por paso, de valoración correspondiente al valor del subyacente y su flexibilidad (V_t) queda expresado de la siguiente manera:

$$V_t = \{p \times V_{t+1}^u + (1 - p) \times V_{t+1}^d\} \times e^{-rt} \quad [4]$$

En forma general, para n periodos el planteamiento es:

$$V_0 = \left[\sum_{j(T)=0}^{j(T)=n} \max(V_{j(T)} - X) \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \right] e^{-rt} \quad [5]$$

El valor terminal de la flexibilidad estratégica es la expresión, $\max(V_{j(T)} - X)$. Representa el valor terminal de la opción en el horizonte T , multiplicado por las probabilidades neutras al riesgo obtenidas a partir de la combinatoria correspondiente al periodo n , nodo j , actualizado a la tasa sin riesgo (r). Siguiendo a Arnold y Crack (2003) y Milanesi (2011), el mismo proceso puede desarrollarse con probabilidades “reales” (q). Estos último son más pesimistas ($p < q$) pues incorporan el ajuste por riesgo en su magnitud. La ecuación 4 queda planteada como:

$$V_t = \left\{ \left[q \times V_{t+1}^u + (1 - q) \times V_{t+1}^d \right] - \left[\frac{V_{t+1}^u - V_{t+1}^d}{u - d} \times (e^k - e^{rt}) \right] \right\} \times e^{-rt}$$

en donde el ajuste por riesgo es la expresión:

$$\frac{V_{t+1}^u - V_{t+1}^d}{u - d} \times (e^k - e^{rt})$$

2.1.2. El modelo multinomial y las opciones arco iris

Conforme fue explicado en el apartado anterior en la medida volatilidad se resumen todos los riesgos del proyecto. Sería el caso de inversiones en actividades extractivas o primarias, donde la principal fuente de riesgo proviene del mercado, ya que existe un estándar tecnológico en la industria. En otros proyectos como desarrollo de estrategias en I&D (Investigación y Desarrollo), inversiones en empresas de base tecnológica, inversiones en innovaciones tecnológicas, nuevos productos, existe una clara separación entre el riesgo de mercado que impacta sobre la demanda y el riesgo tecnológico. Este último representa el éxito o fracaso del desarrollo previo a su comercialización. El condicionamiento tecnológico demanda un tratamiento específico para cada fuente de incertidumbre, en donde no sería apropiado resumir todo el riesgo del proyecto en una única variable. Al existir varias fuentes de incertidumbre la distribución binomial deriva en una expresión multinomial. En este caso los modelos de opciones son conocidos como arco iris (*rainbow options*): Boyle, 1988; Kamrad & Ritchken, 1991; Tian, 1993; Copeland & Antikarov, 2003; Herath & Kumar, 2006; Brandao & Dyer, 2009; Brous, 2011; Zapata, 2019, entre otros.

Tomando como base la propuesta contenida en Copeland y Antikarov (2003) y Brous (2011), es desarrollado un modelo con dos fuentes de riesgos no correlacionadas entre sí (ver Copeland y Antirakov (2003) y Brandao y Dyer (2009) donde son desarrollados modelos multinomiales con riesgos correlacionados): riesgo de mercado y tecnológico, de comportamiento independiente. El modelo se desarrolla de la siguiente manera:

- a. El valor del activo es explicado por una función multinomial con dos fuentes de incertidumbre, $V = (F_1; F_2)$,
- b. Evolucionan según su volatilidad generando movimientos ascendentes y descendentes: $F_1(\sigma_1; u_1; d_1)$ y $F_2(\sigma_2; u_2; d_2)$.
- c. Para el presente trabajo F_m representa la incertidumbre de mercado y F_t incertidumbre relativas a la resolución de problemas tecnológicos.

Primero se modela el recorrido del subyacente, éste representado por el valor actual del proyecto. Para ello se utilizan los movimientos ascendentes y descendentes propios del riesgo de mercado $F_m(\sigma_m; u_m; d_m)$, donde V_{t+1} es el valor esperado del activo subyacente.

$$V_{t+1} = \{V_t \times u_m; V_t \times d_m\} \quad [6]$$

El siguiente paso consiste en calcular los coeficientes equivalentes ciertos combinados, derivados de combinar las dos fuentes de riesgo. Para ello, previamente se debe determinar las probabilidades neutrales al riesgo propias de cada fuente de incertidumbre. Para ello el paso previo consiste en calcular las probabilidades neutrales al riesgo para cada fuente, con la lógica del modelo binomial. Obtenidos los cuatro coeficientes equivalentes ciertos: $F_m(p_{um}; p_{dm})$ de mercado y $F_t(p_{ut}; p_{dt})$ tecnológico, se estiman los coeficientes combinados (ec.7)

$$p_{um,ut} = (p_{um} \times p_{ut}); \quad p_{um,dt} = (p_{um} \times p_{dt}); \quad p_{dm,ut} = (p_{dm} \times p_{ut}); \quad p_{dm,dt} = (p_{dm} \times p_{dt}) \quad [7]$$

Los coeficientes calculados se utilizan para estimar recursivamente el valor ajustado por riesgo en los nodos donde existe exposición a las múltiples fuentes de riesgo (ec.8).

$$V_t = \{p_{um,ut} \times V_{t+1}^{um,ut} + p_{um,dt} \times V_{t+1}^{um,dt} + p_{dm,ut} \times V_{t+1}^{dm,ut} + p_{dm,dt} \times V_{t+1}^{dm,dt}\} \times e^{-rt} \quad [8]$$

En la expresión anterior V_t representa el valor del proyecto en el instante t y e^{-rt} el factor de actualización al tipo sin riesgo. En aquellos nodos temporales donde la incertidumbre tecnológica se encuentre resuelta, directamente se aplica la ecuación 4, pues solamente existe exposición al riesgo de mercado.

2.2. Elementos y resolución de estrategias mediante Teoría de Juegos

En esta sección se exponen de manera sucinta los principales atributos y forma de resolución de un juego, donde no se pretende agotar el tema. Para los lectores interesados se sugiere se pueden citar manuales introductorios (Aguado, 2007) y lecturas avanzadas como Guintis (2009), entre otras.

Elementos de un juego: actores, estrategias a seguir, momento en que son realizadas las estrategias y pagos o valores correspondientes a las estrategias.

- a) Los actores son los agentes representativos que toman decisiones, influenciadas por los pagos esperados, condicionados por eventos tecnológicos y de mercado, a menudo conocidos como estados.
- b) El momento en que se realizan las estrategias constituye otro factor importante, siendo un punto del tiempo o nodo decisorio. Cuando los agentes toman decisiones en el mismo momento de tiempo se dice que el juego es de movimientos simultáneos. Cuando uno de los agentes toma la iniciativa, el juego es secuencial en cuanto a decisiones. En ambos casos, quien desarrolla la estrategia debe saber que los movimientos posteriores o inmediatos del oponente tienen impacto económico sobre sus decisiones.
- c) Las estrategias resultan de la sumatoria de “mejores” acciones seleccionadas por el agente. Se vinculan al conjunto de información disponible para cada jugador. En juegos con información completa los jugadores conocen con certeza el conjunto de acciones de los participantes, existiendo un conocimiento común, compartido y simétrico. En el caso de información incompleta, las partes tienen información asimétrica respecto de los movimientos de sus oponentes. En estos casos el juego es imperfecto, en tanto que las estrategias son conocidas con probabilidad de ocurrencia.
- d) Finalmente, deben cuantificarse los flujos asociados a cada estrategia, ya que el agente representativo (empresa) selecciona la alternativa que maximiza su valor.

Las estrategias diseñadas por los agentes son valuadas en $t+1$. Cada estrategia incorpora la resolución de la incertidumbre tecnológica, la cual condiciona el resultado del mercado. El valor ajustado por riesgo para cada estrategia es:

$$V_{t=0} = \frac{p_u \times V_{i,(t+1)} + p_d \times V_{j,(t+1)}}{1+r} \quad [9]$$

donde $V_{ij,(t+1)}$ representa el valor de la estrategia condicionada por el comportamiento de la demanda, favorable p_u , desfavorable p_d . Se modela una acción estratégica para cada escenario de mercado.

Representación de un juego: los juegos se representan en forma extensiva (árboles de decisión) o matricial (matrices) de decisión (Aguado, 2007). Ambas representaciones contienen los elementos indicados: agentes, acciones y estrategias, momento de decisión y flujos de fondos asociados a las estrategias.

Solución de un juego: es un resultado obtenido a partir de una metodología donde se estima el conjunto de óptimas decisiones para una trayectoria. En principio y de manera similar a la teoría financiera neoclásica, se supone conducta racional respecto de los actores. Esta racionalidad correspondiente a cada actor es aceptada como un “*conocimiento común*”. Esto significa que los jugadores están seguros del comportamiento racional de la otra parte, consecuentemente deciden asumiendo dicha conducta. Al inicio del juego los actores determinan sus elecciones futuras condicionadas a los posibles estados de la naturaleza, atendiendo las acciones posibles de los otros jugadores. La solución de un juego se logra arribando a un equilibrio de Nash. Representa un conjunto de estrategias donde se llega a una situación en la que ningún jugador puede mejorar su situación actual cambiando unilateralmente su posición o estrategia. En un equilibrio de Nash (en honor a su creador y premio Nobel de Economía John Nash) cada jugador sigue la mejor estrategia en respuesta a la mejor estrategia que puede implementar el otro jugador.

Seguendo a Dixit y Nalebuff (1991), se resumen las siguientes reglas para llegar a un equilibrio en juegos dependiendo de la información y de si los movimientos son simultáneos o no secuenciales:

a) *Resolución por estrategias dominantes*. Para juegos donde los movimientos son simultáneos, este tipo de resolución implica determinar la estrategia dominante o superior a otras posibles, sin considerar las posibles reacciones de su competidor. En otras palabras, cualquiera que sea la acción llevada a cabo por el competidor, el agente estudiado no podría mejorar su flujo de fondo seleccionando una estrategia diferente a la dominante. Una estrategia dominada es aquel conjunto de acciones que nunca va a ser mejor, en términos de flujos esperados, que la estrategia dominante. Nunca será seleccionada por el agente racional en lugar de la estrategia dominante. El proceso para su determinación de la solución consiste en la eliminación iterativa de estrategias estrictamente dominadas. Se inicia eliminando estrategias dominadas para un jugador, luego se procede a determinar las estrategias dominadas para la otra firma. Finalmente, descartadas las estrategias dominadas para ambas partes, debe emerger la estrategia dominante, el resto son consideradas dominadas. Puede ocurrir que no exista estrategia dominante para un jugador, pero sí para el competidor. En tal caso la respuesta de la firma debe ser la mejor en relación a dicha estrategia dominante. Pueden existir juegos o planteamientos donde no exista una solución con estrategias estrictamente dominante puras; en tal caso la resolución se lleva a cabo con estrategias mixtas. Estrategia mixta entendida como una combinación lineal de varias estrategias, con probabilidad de ocurrencia asociada a cada camino alternativo.

b) *Equilibrios de Nash*. Un equilibrio de Nash es una combinación de estrategias en la que la opción seleccionada por un jugador es óptima dada la opción seleccionada por el resto. El jugador forma su decisión a partir de la creencia o proyección acerca de la conducta del rival, asumiendo que estos son agentes representativos, seleccionando la mejor estrategia maximizadora de su utilidad esperada. Todos los jugadores basarán sus elecciones en dicha creencia en relación a las conductas de los participantes, en tal sentido las decisiones conducirán a un equilibrio de Nash. Si se encuentra un equilibrio de Nash,

ningún jugador tendrá incentivos individuales para cambiar dicha estrategia. No necesariamente un equilibrio de este tipo es un equilibrio de estrategia dominante, pero lo contrario es cierto: un equilibrio de estrategias dominantes es de Nash y será el único equilibrio posible del juego. La forma tradicional de encontrar equilibrios en un planteamiento matricial que consiste en subrayar los pagos correspondientes a la estrategia elegida por cada jugador en función de lo que pudiera elegir el otro. Un equilibrio de Nash debe sortear exitosamente el proceso de eliminación iterativa de estrategias estrictamente dominadas. Puede existir más de un equilibrio de Nash: serán equilibrios fuertes y débiles, a partir de las preferencias intuitivas de los participantes y de sus incentivos a cooperar o competir. Cabe destacar que un equilibrio fuerte puede no ser un óptimo Paretiano, pero sí una solución al juego, atendiendo a los incentivos (Aguado, 2007). Nash (1953) define a los juegos cooperativos donde los intereses de las partes no se encuentran totalmente opuestos, pero tampoco alineados en su totalidad. Se supone que los agentes racionales pueden discutir y acordar un plan de acción conjunto bajo alianzas que inducen al cumplimiento. No es cooperativo si las partes no pueden comunicarse o cumplir el acuerdo. Puede ocurrir que no exista equilibrio de Nash con estrategias puras, obteniendo soluciones en función a las probabilidades de ocurrencia de eventos, es decir, con estrategias mixtas. Se puede interpretar que toma valor el hecho de tener conductas “no predecibles”, observable en el caso de estrategias mixtas en juegos repetitivos de suma cero (gana una parte a costa de que pierda otra), por ejemplo, en los juegos que simulan comportamiento en los mercados de capitales. No es tan obvio en los casos de juegos donde existe un interés común, en estos casos los equilibrios a partir de estrategias mixtas conducen a obtener pagos inferiores a la mejor solución posible.

c) Equilibrios en juegos dinámicos o secuenciales. Las soluciones con estrategias dominantes son utilizadas a menudo en los juegos simultáneos. En los juegos dinámicos las decisiones no se toman de forma concomitante, si no de manera secuencial: primero actúa uno y luego el otro. Puede ocurrir que surjan equilibrios de Nash, que incluyan acciones que no sean óptimas para el jugador que debería realizarlas si le correspondiese jugar en ese momento. Esta situación se evita exigiendo equilibrios de Nash perfectos en subjuegos. Un subjuego es la parte del juego que falta jugar, a partir de cualquier punto de información de dominio público de lo acontecido hasta ese momento del tiempo. En este tipo de juego, el planteamiento es extensivo en el tiempo. Cada participante debe anticipar los movimientos de su rival desmenuando las estrategias. Al igual que las opciones, el juego se resuelve de manera recursiva. Los juegos secuenciales pueden ser finitos, llegando a su término en un número de casos y permitiendo recorrer todo el árbol de decisiones. En otras palabras, se debe determinar la acción óptima del individuo que actuará en último lugar. Quien deba realizar la elección en penúltimo lugar, deberá asumir que el último actuará de esa manera en la que a él le toque actuar. Quien actúe en antepenúltimo lugar sabrá que el agente que actúe en anteúltimo lugar, tendrá en cuenta lo que hará quién actúe en último lugar. Las decisiones vendrán condicionadas por el último nodo, es decir, por el previsible y proyectado transcurso del juego. Cuando un jugador desconoce lo que ha hecho el otro anteriormente al momento de tomar su decisión, el juego será idéntico a un juego de decisión simultánea en planteamiento y resolución. Se puede complicar el análisis con tres o más jugadores. Por ejemplo, tres jugadores el tercero desconoce lo que hizo el primero, pero conoce lo que hizo el segundo. En este caso el juego se representa de forma extensiva y se plantean los conjuntos de información.

Los juegos repetidos son juegos concretos que se practican una y otra vez. Si se repite un número finito de veces y existe un equilibrio de Nash, es de preveer que se adopten estrategias que integran dicho equilibrio a lo largo de todas las etapas del juego. Técnicamente, en el caso de incertidumbre, es planteado un árbol con probabilidades binomiales, se cuantifican los flujos de fondos y se plantean los subjuegos. Estos permiten identificar equilibrios de Nash, dada la acción precedente para luego proceder a la valuación recursiva. Un jugador a menudo emplea amenazas (por ejemplo, invertir ahora y no diferir), para inducir al otro a llevar a cabo una estrategia determinada. La resolución recursiva considera las amenazas sostenibles y desecha las no creíbles.

Si el juego se repite infinitamente, es probable que emerjan acciones cooperativas a diferencia de juegos finitos (Axelrod, 1986). Por ejemplo, en el caso del dilema del prisionero, si el juego se repite un número finito de veces, el equilibrio de Nash será único con la estrategia dominante de traición, obteniéndose un pago o beneficio inferior a la mutua cooperación. Si se desarrolla este juego durante

un número finito de partidas no habrá incentivos para la cooperación, en la última partida siempre será así, porque no hay partidas futuras que puedan influir o condicionar el comportamiento de los jugadores. En la penúltima jugada ambos proyectan lo que ocurrirá en la última jugada (no cooperación), eliminando incentivos para cooperar. Conclusiones a las que arribaron Kreps et al. (1982), Axelrod (1981) y Guintis (2009). El hecho que hace posible la cooperación es la posibilidad de coincidencia o encontrarse en el futuro. El futuro puede proyectar una sombra sobre el presente e influir en la situación estratégica actual (Axelrod, 1986). Axelrod demuestra cómo emerge el trabajo cooperativo en ausencia de poder central, a partir de torneos de juegos informatizados de dilema de prisionero, donde la estrategia vencedora se conoce como “TIT for TAT” u “ojo por ojo”. Primero, es seleccionada la acción cooperativa y, a continuación, la acción siguiente se basa en la estrategia seleccionada por el contrincante. Si se encuentran dos jugadores que siguen esta conducta, en cada jugada se encontrarían en la situación de equilibrio mutuamente cooperativa. Por el contrario, ante la cooperación de uno, el otro decide no cooperar, entonces la siguiente jugada obtiene una respuesta no cooperativa. El éxito de TIT for TAT se basa en la capacidad adaptativa del jugador y de diferenciar a sus oponentes (Aguado, 2007).

2.3. Vinculación entre la teoría de opciones y teoría de juegos

En su clásica compilación, Brennan y Trigeorgis, (2000) señalan tres estadios por los que atravesaron los modelos de valuación. Los modelos estáticos se caracterizan por describir el valor del proyecto, a partir de una corriente proyectada de flujos de fondos, sin flexibilidad estratégica. El descuento de flujos de fondos es el principal exponente de esta etapa. La segunda etapa se caracterizó por el desarrollo de los modelos dinámicos, desde una perspectiva gerencial activa y flexible frente a la exposición al riesgo. Los modelos van desde los árboles de decisión, la programación dinámica determinística y estocástica, hasta llegar al enfoque de Opciones Reales. El análisis es incompleto pues no incorpora la interacción estratégica con la competencia. Esto da origen a un tercer grupo de modelos en donde confluye el análisis dinámico mediante Opciones Reales y el uso de la Teoría de Juegos para explicar interacciones estratégicas (Chevalier-Roigant & Trigeorgis, 2011). Las decisiones de inversión se encuentran condicionadas a las resoluciones de incertidumbres, su flexibilidad y la reacción de terceros. La valoración de las estrategias deben interpretarse como los pagos de un juego, que involucra a tomadores de decisión y estados de la naturaleza. Estos modelos analizan el equilibrio entre la flexibilidad y acuerdos estratégicos, en un contexto dinámico y competitivo en condiciones de incertidumbre. En la siguiente sección será presentado el modelo aplicando un enfoque multinomial y la resolución del juego secuencial con equilibrio de Nash, para una estrategia de iniciativa.

3. Metodología: Análisis de caso Estrategia de iniciativa /desgaste (*preemption-attrition*) en lanzamientos y desarrollos I&D

Para analizar los atributos de los modelos de opciones y juegos se utilizará el estudio de casos en administración como técnica de investigación en administración (Castro, 2010). Las estrategias analizadas son: a) iniciativa o lanzamientos (*preemption*) y la consecuente apuesta al desgaste del seguidor frente a una respuesta inversa; b) estrategias de acuerdos cooperativos (*join venture*). En esta sección se presenta el caso y la valoración endógena con opciones reales correspondientes a la matriz de posibles estrategias.

3.1. Caso Valuación de las estrategias con Opciones Reales y Juegos

Se analiza una estrategia de investigación y desarrollo, donde el desarrollador (A) incurre en gastos iniciales de desarrollo con el objeto de obtener el prototipo a comercializar, cuya inversión es $I_0=15$. El desarrollo es un evento incierto, sujeto a probabilidades de éxito tecnológico $E!=75$, y fracaso (F!) del 25%. Resuelta la incertidumbre tecnológica es evaluado su lanzamiento en el mercado: se introduce inmediatamente o se difiere un periodo. Su lanzamiento requiere invertir en recursos en su elaboración y comercialización, totalizando $I_1=80$, en el caso de invertir inmediatamente. Si la decisión es diferida

los costos vinculados a la inversión crecen a razón de la tasa libre de riesgo, $r=5\%$, siendo $I_{(2)}= 84$. Si la demanda reacciona favorablemente es pronosticado un incremento en el tamaño total del mercado de $\Delta=25\%$. Si los escenarios de mercado son escenarios intermedios y desfavorables se espera que mantenga sus niveles, bajo trayectoria estocástica planteada.

En el caso de un solo participante, la decisión de invertir-diferir condicionada por riesgo tecnológico se resuelve endógenamente. Para calcular el valor estático del proyecto se supone una volatilidad $\sigma=59\%$, probabilidad de éxito binomial de mercado, $q=50\%$, tasa ajustada por riesgo $k=18\%$. Aplicando las expresiones correspondientes al modelo binomial (ec. 1 y 2), se obtienen los coeficientes $u=1,80$ y $d=0,55$ y equivalentes ciertos $p=(e^r-d)/(u-d)$ de $p=0,3973$ y $1-p=0,6027$. La tabla presenta el valor actual del proyecto, sin considerar riesgo tecnológico, calculado con probabilidades objetivas y probabilidades neutrales al riesgo (ambos valores confluyen, con probabilidades objetivas el ajuste por riesgo está dado por la tasa. En el enfoque de pagos contingentes supone un ajuste en los flujos (Copeland & Antikarov, 2003; Arnold & Crack, 2003). La ecuación 5 queda planteada de la siguiente manera: $122 = \left[\sum_{j(T)=0}^{j(T)=2} V_{j(2)} \frac{2!}{j!(2-j)!} 0.3973^j (1 - 0.3973)^{2-j} \right] e^{-0.05 \times 2}$ (neutral al riesgo) y $122 = \left[\sum_{j(T)=0}^{j(T)=2} V_{j(2)} \frac{2!}{j!(2-j)!} 0.5^j (1 - 0.5)^{2-j} \right] e^{-0.18 \times 2}$ (probabilidad objetiva).

Tabla 1. Valor Actual del Proyecto (V), Pj(EC) probabilidades neutrales al riesgo, Qj(Bin) probabilidades binomiales.

0	1	2	Nodos	Pj (EC)	Qj (Bin)
122,0	219,6	395,3	2	25,00%	15,79%
	67,8	122,0	1	50,00%	47,89%
		37,7	0	25,00%	36,32%
				100%	100%
				VA =122,00	VA=122,00

Fuente: Elaboración propia.

La decisión de inversión irreversible (sin opcionalidad) incorporando riesgo tecnológico y riesgo de mercado requiere del uso de una rejilla cuadrinomial (El nodo $V_{j=2(T=2)} = \$395,3$ asume crecimiento a razón del coeficiente u , no incorpora el incremento en la demanda por el lanzamiento del producto). La siguiente tabla presenta los coeficientes cuadrinomiales empleados en la valoración (ecuación 7).

Tabla 2. Coeficientes neutrales al riesgo cuadrinomiales.

Éxito Mercado!-Tecnológico Suceso!	p1	0,2979
Fracaso Mercado!-Tecnológico Suceso!	p2	0,4520
Éxito Mercado!-Tecnológico Fracaso!	p3	0,0993
Fracaso Mercado!-Tecnológico Fracaso!	p4	0,1506

Fuente: Elaboración propia.

La incertidumbre tecnología se resuelve en $t=1$. La incertidumbre de mercado emerge a partir de $t=2$. La decisión irreversible de inversión se adopta en un inicio para el desarrollo como para la infraestructura, aplicando rejillas cuadrinomiales.

Tabla 3. Cálculo del Valor Actual Estático con riesgos tecnológicos y de mercado.

0	1	2	
		Nodo	T!
102,11	192,75	494,10	2 E!
		-	2 F!
VA=V-I(0)-VA(I(1))	50,83	122,00	1 E!
11,01		-	1 F!
		37,65	0 E!
		-	0 F!

Fuente: Elaboración propia.

La tabla expone la resolución recursiva para obtener el valor del proyecto sin opciones, tomando los datos de la Tabla 1. Para el periodo $t=2$, el valor de mercado es relevante, condicionado al éxito del evento tecnológico en la etapa precedente. Para el nodo $T=2, j=2$ $Si(T! E! \rightarrow V(t = 2, j = 0): 0)$. En el periodo precedente, el valor para cada nodo se resuelve mediante los coeficientes cuatrinomiales (ecuación 8). El momento $t=1$ es el periodo donde confluye las dos fuentes de riesgos. En $t=0$, se arriba al valor empleando los coeficientes binomiales, habida cuenta que el valor $V(1;j,i)$ refleja el par de incertidumbres (Brous, 2011; Milanesi, 2021). La expresión general es:

$$VAN = V_{(0,T/M)} - (I_0 + I_1 \times e^{-r}) \quad [10]$$

donde $V_{(0,T/M)}$ representa el valor actual de los flujos ajustados por riesgos tecnológicos y de mercado.

Para $t=1$ $192,75 = (p_1 \times \Delta 25\% \times 395,28 + p_2 \times 0 + p_3 \times 122 + p_4 \times 0) \times e^{-0.08}$ y $50,83 = (p_1 \times 122 + p_2 \times 0 + p_3 \times 37.65 + p_4 \times 0) \times e^{-0.05}$. Para $t=0$, $91,50 = (p_u \times 164,70 + p_d \times 50,83) \times e^{-0.05}$.

El valor actual de los flujos surge de la siguiente manera: $102,11 = (p_u \times 192,75 + p_d \times 50,83) \times e^{-0.05}$.

El valor actual neto suponiendo irreversibilidad asciende a $11,01 = 102,11 - (15 + 80 \times e^{-0.05})$. El momento $t=1$ es el periodo donde confluye las dos fuentes de riesgos. En $t=0$, se arriba al valor empleando los coeficientes binomiales, habida cuenta que el valor $V(1;j,i)$ refleja el par de incertidumbres (Brous, 2011; Milanesi, 2021).

Si el desarrollador (A) es propietario total de la opción, tiene control de elección entre invertir o diferir su acción estratégica. La decisión de diferir tiene por fin generar mayor información con el paso del tiempo. La propiedad de la opción surge de ventajas competitivas, por lo general barreras de entrada al sector legales (patentes, derechos o concesiones de explotación); características tecnológicas y escala de la inversión (tecnología del sector, magnitud de la inversión requerida, especificidad de la inversión de capital); de mercado en relación al producto (existencia de un fuerte intangible “marca” a partir de una profunda y exitosa estrategia de diferenciación) (Smit & Trigeorgis, 2004)). La existencia de barrera de entrada añade flexibilidad estratégica la cual debe ser cuantificada debido a: a) determinar el valor total estratégico del proyecto (Trigeorgis, 1995), b) comparar valores de invertir o diferir con el objeto de seleccionar la alternativa de mayor valor ajustado por riesgo.

Aplicando las ecuaciones 8 y 9 es valuada la rejilla multinomial, tomando como punto de partida la Tabla 3.

Tabla 4. Valuación de la opción de diferir con modelo cuadrinomial.

Binomial Opción de invertir condicionado al riesgo tecnológico y mercado		Cuadrinomial Refleja E!F! Tecnológico		Comportamiento del mercado Evento que determina TS!-TF! (Ejerce la opción de invertir en t=2)	
T=0 1=S! 0=F!		T=1	1=S! 0=F!	T=2	1=S! 0=F!
Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!
42,14 0	1	132,75 1	2 y 1	410,10 2	1
0,00 0	0			0,00 2	0
		10,78 0	1 y 0	38,00 1	1
				0,00 1	0
				0,00 0	1
				0,00 0	0

Fuente: Elaboración propia.

El ejercicio de la opción de diferir implica no invertir en el primer periodo y diferir para el segundo. La toma de la decisión es condicionada por el comportamiento del mercado y el éxito tecnológico.

Para el escenario $V_{(++),T=2} = SiE!T! \rightarrow Max[(\Delta\%V(++) - I_1 \times e^r; 0] = Max(494,10 - 80 \times e^{0,05}; 0) = 410,10$. Para los nodos intermedios e inferior se sigue similar lógica sin incremento del valor de mercado.

Recursivamente se resuelve el periodo anterior, en este caso utilizando los coeficientes cuatrinomiales (ec. 8): $V_{(++),T=1} = 132,75 = (p_1 \times 410,10 + p_2 \times 0 + p_3 \times 38 + p_4 \times 0) \times e^{-0,05}$.

Finalmente, se arriba al valor del proyecto, que surge de emplear los coeficientes neutrales al riesgo binomiales, ya que la exposición a riesgo tecnológico acontece en el periodo posterior, $V_{(0),T=0} = SiE!T! \rightarrow [(p_u \times 132,75 + p_d \times 10,78) \times e^{-0,05}] - I_0 = 42,14$.

El valor estratégico del proyecto asciende a \$42,14, el valor actual neto tradicional a \$11,01, el valor de la opción de diferir o de la flexibilidad estratégica del proyecto es de \$31,12. En el caso de poseer la propiedad de la opción la estrategia que maximiza valor la constituye la acción de diferir la decisión de invertir y evitar la exposición a todo el riesgo de mercado. Hasta aquí, el análisis es de segundo nivel en el sentido de no incorporar la interacción de otros actores.

En el caso de no poseer la propiedad total de la opción con amenaza de otro participante (B) ingresando al mercado, es menester aplicar un modelo de tercer nivel (Brennan & Trigeorgis, 2000). El agente B puede ingresar al mercado y se supone que el valor y comportamiento estocástico de su estrategia es el explicitado en las tablas 1 y 3. Existen cuatro estrategias alternativas:

Estrategia 1: El desarrollador (A) invierte o difiere y la conducta es copiada por el competidor (B).

En este caso el desarrollador, captura el 67% del valor de mercado y el competidor el 33%. La firma A invierte en desarrollo $I_{(A,0)} = \$15$ y se expone al riesgo de éxito o fracaso tecnológico. Resuelta de la incertidumbre técnica en el periodo 1, si el escenario es favorable $V(A,++)$ invierte de manera irreversible $I_{(A,1)} = \$80$. Solo se reserva la opción de diferir para el próximo periodo, en el caso de una reacción negativa de la demanda $V(A,--)$, con participación del 90% en el mercado. El competidor

replica el desarrollo. Por cuestiones de simplicidad se supone valores similares de inversión a los de la contraparte en los estadios desarrollador para los estadios $I_{(B,0)} = \$15$; $I_{(B,1)} = \$80$. No tiene riesgo tecnológico, e invierte en la medida que A tenga éxito en el desarrollo. Se enfrenta a dos escenarios de demanda, en el caso de ser positivo invierte proyectando un 33% de participación en el mercado, en el caso de un mercado bajista a diferencia del desarrollador tiene solamente flexibilidad sobre un 10% del valor del mercado.

Estrategias 2 y 3: Las firmas (A y B) pueden adoptar el rol de desarrollador, con conductas cruzadas, en donde una invierte primero y la segunda opta por diferir.

Quien desarrolla e invierte primero se expone totalmente al riesgo tecnológico y de mercado. Si el escenario de mercado es positivo $V(++)$, es compensado por obtener la participación total del mercado (100%). Con escenario negativo $V(--)$ difiere, con una participación en el mercado de 67%, siendo el resto propiedad del competidor. El competidor no asume riesgo tecnológico.

Estrategia 4: Sin acuerdo estratégico, ambas firmas difieren la decisión. Las firmas sin acuerdo toman la decisión estratégica de diferir, sin generar una barrera de entrada formal. Ambas participan en partes iguales en el mercado y de manera simétrica en los niveles de inversión y de riesgo tecnológico.

Para el desarrollador, las cuatro estrategias implican evaluar la decisión estratégica de invertir o diferir considerando las posibles conductas del competidor. La valoración de cada estrategia mediante opciones reales debe combinarse con la resolución de equilibrios aplicando la teoría de juegos. En este caso estamos frente a un juego secuencial, donde el desarrollador (A) toma la iniciativa, reaccionado el competidor (B). El primer paso consiste en valorar las estrategias de los competidores.

Estrategia 1:

La siguiente tabla expone los resultados correspondientes a las acciones derivadas de invertir secuencialmente, primero el desarrollador, seguidamente copiar e invertir de parte del competidor.

Tabla 5. Valor actual pagos Estrategia 1.

Estados	Valor t=1	Decisión
Desarrollador (A) $V(++)$	48,50	I
Competidor (B) $V(++)$	-6,80	D
Desarrollador (A) $V(--)$	9,71	D
Competidor (B) $V(--)$	1,44	D

Fuente: Elaboración propia.

La inversión se concreta para un escenario favorable $V(++)$ Tabla 3, donde el valor para A es, $V_{(A,++)T=1} = MS\% \times V_{(A,++)T=1} - I_1 = 48,50 = 0,67 \times 192,75 - 80$. En el caso del competidor toma los valores de la tabla 1, pues no asume riesgo tecnológico. Es decir, invierte directamente, siendo $V_{(B,++)T=1} = MS\% \times V_{(B,++)T=1} - I_1 = -6,80 = 0,33 \times 219,6 - 80$. La inversión en I_0 de 15 millones es un costo ya incurrido por los competidores en $t=1$. El competidor se expone irreversiblemente a todo el riesgo de mercado del proyecto, pues no tiene propiedad de opción de diferimiento. Si el escenario es desfavorable el desarrollador se reserva la opción de diferir y su participación de mercado aumenta a un 90%. Las estrategias son valoradas como $V_{(A,--)T=1} = \text{Max}[(MS\% \times V_{(--),T=1} - I_1; PO\% \times VE_{(--),T=1}]$. Máximo valor entre invertir ($MS\% \times V_{(--),T=1} - I_1$) o el valor en primer periodo de diferir e invertir en el segundo periodo ($VE_{(--),T=1}$).

La valoración de la estrategia: $9,71 = \text{Max}[(67\% \times 50,83 - 80; 90\% \times 10,78]$ en función a los valores obtenidos en las tablas 2 y 3. El competidor no asume riesgo tecnológico el diferir el implica participar solamente en un 10% del mercado. El valor de la estrategia es $V_{(B,--),T=1} = \text{Max}[(MS\% \times V_{(--),T=1} - I_1; PO\% \times VE_{(--),T=1}] = 8,47 = \text{Max}[(67\% \times 67,8 - 80; 10\% \times 14,37]$. El valor surge de calcular el valor de diferimiento de la opción, a partir de los datos de las tablas 1 y 3 correspondientes a los nodos finales ($t=2$). En el caso del competidor, no existe riesgo tecnológico y, por lo tanto, se emplean los coeficientes equivalentes ciertos binomiales. Para el escenario alcista $V_{(++),T=1} = 176,9 = [(p_u \times \text{Max}(\Delta 25\% \times 395,3 - 84; 0) + p_d \times \text{Max}(122 - 84; 0))] \times e^{-0,05}$ y para el escenario bajista $V_{(--),T=1} = 14,37 = [(p_u \times \text{Max}(122 - 84; 0) + p_d \times \text{Max}(37,7 - 84; 0))] \times e^{-0,05}$. En el caso de escenario alcista, el competidor debe invertir caso contrario queda fuera del mercado. En el caso de escenario bajista, tiene un 10% de participación, sobre el valor actual medido en la opción de diferir (10% de \$14,37).

Cabe destacar que las decisiones de B, en ambos escenarios, implican diferir la inversión en el proyecto.

Estrategias 2 y 3:

A continuación, son valoradas las acciones contrapuestas realizadas por los participantes.

Tabla 6. Valor actual pagos Estrategia 2 y 3.

Estados	Valoren t=1	Decisión
Desarrollador (A)/(B) V(++)	112,75	I (A/B)
Competidor (B)/(A) V(++)	0,00	D (B/A)
Desarrollador (A)/(B) V(--)	7,19	D (A/B)
Competidor (B)/(A) V(--)	4,79	D (B/A)

Fuente: Elaboración propia.

Los perfiles de pagos son cruzados en función a quien tome la iniciativa. En el caso del escenario V(++), se opta por invertir, siendo $V_{(A,++),T=1} = MS\% \times V_{(A,++),T=1} - I_1 = 112,75 = 100\% \times 192,75 - 80$. En el caso de un escenario bajista, el valor de la estrategia es $V_{(A,--),T=1} = \text{Max}[(MS\% \times V_{(--),T=1} - I_1; PO\% \times VE_{(--),T=1}] = 7,19 = \text{Max}[(100\% \times 50,83 - 80; 67\% \times 10,78]$.

El valor de la opción de diferir surge de la Tabla 4, incorporando riesgo tecnológico para el desarrollador. El competidor ingresa solamente en el caso de diferimiento de la inversión de parte del desarrollador. El valor de su estrategia de diferir es $V_{(B,--),T=1} = PO\% \times VE_{(--),T=1} = 14,37 = 33\% \times [(p_u \times \text{Max}(122 - 84; 0) + p_d \times \text{Max}(37,7 - 84; 0))] \times e^{-0,05}$.

Estrategia 4:

En el caso de diferir los riesgos tecnológicos, de mercado, las inversiones y valores actuales del diferimiento son compartidos. Siguen solamente la estrategia de diferir cualquiera sea la reacción de la demanda.

Tabla 7. Valor actual pagos Estrategia 4.

Estados	Valoren t=1	Decisión
(A/B) V(++)	66,37	D
(A/B) V(++)	5,39	D

Fuente: Elaboración propia.

Para el escenario de mercado favorable el valor es $V_{(++),T=1} = MS\% \times VO_{(++),t=1} = 66,37 = 50\% \times 132,75 = (p_1 \times 410,10 + p_2 \times 0 + p_3 \times 38 + p_4 \times 0) \times e^{-0,05}$. Para mercado desfavorable, $V_{(\pm-+),T=1} = MS\% \times VO_{(--),t=1} = 5,39 = 50\% \times 10,78 = (p_1 \times 38 + p_2 \times 0 + p_3 \times 0 + p_4 \times 0) \times e^{-0,05}$.

4. Resultados

En esta sección se presenta la resolución de las estrategias valuadas de forma extensiva y matricial, para juegos competitivos y colaborativos. Se expone la solución de equilibrio y en el caso de acuerdo estratégico, el modelo de estimación de multas.

4.1. Valoración, planteamiento y resolución de estrategias competitivas

El planteamiento extensivo correspondiente a las 4 estrategias y sus pagos asociados quedan expresados en la Figura 1. Sorteado el riesgo tecnológico, el desarrollador debe optar por invertir o diferir en los dos estados que presenta el mercado y dicha conducta provoca la reacción del competidor. El conjunto de acciones, o estrategias presentadas para cada uno de las empresas generan un conjunto de pagos asociados en el momento $t=1$. Los estados de la naturaleza de alta y baja demanda están sujetos a probabilidades neutrales al riesgo binomiales (p).

Para calcular el valor actual de las estrategias (referidas en $t=1$), es empleada la siguiente expresión:

$$VEI(1)_0 = \frac{(p_u \times VEI_{(1u)} + p_d \times VEI_{(1d)})}{(1+r)} - I_0 \quad [11]$$

donde $VEI(1)_0$ representa el valor actual de la estrategia 1, p_u, p_d son las probabilidades neutrales al riesgo de mercado binomiales para cada escenario de demanda, $VEI_{(1u)}, VEI_{(1d)}$ el valor de la estrategia 1 en el escenario alcista y bajista y I_0 representa la inversión inicial en desarrollo.

El valor actual de la estrategia 2 y 3 en $t=0$ es,

$$VED(2,3)_0 = \frac{(p_u \times VED_{(2,3;u)} + p_d \times VED_{(2,3;d)})}{(1+r)} \quad [12]$$

$$VEI(2,3)_0 = \frac{(p_u \times VEI_{(2,3;u)} + p_d \times VEI_{(2,3;d)})}{(1+r)} - I_0 \quad [13]$$

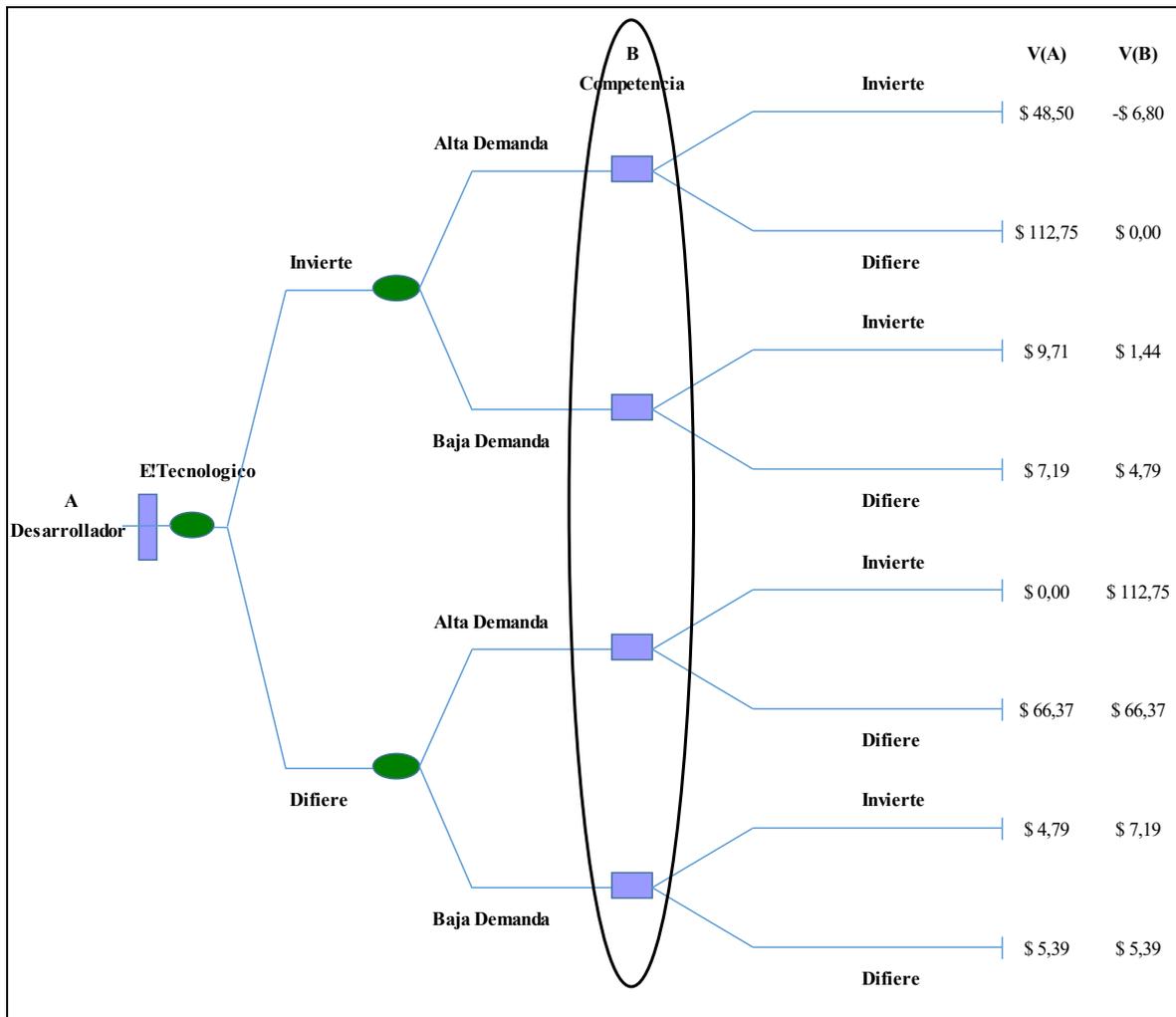
donde $VED(2,3)_0$ representa el valor actual de la estrategia 2,3, dado que la contraparte invierte en $t=1$. Las probabilidades neutrales al riesgo binomiales que reflejan riesgo de mercado son p_u, p_d . $VED_{(2,3;u)}, VED_{(2,3;d)}$ el valor de la estrategia 2,3 en el escenario alcista y bajista. $VEI(2,3)_0$ representa el valor actual de la estrategia de inversión dado diferimiento de la contraparte. $VEI_{(2,3;u)}, VEI_{(2,3;d)}$ el valor de la estrategia 2,3 de inversión para el escenario alcista y bajista de demanda. Finalmente I_0 representa la inversión inicial en desarrollo, para quién toma la iniciativa puesto que el agente que difiere no asume riesgo tecnológico.

El valor actual de la estrategia 4 en $t=0$ es:

$$VED(4)_0 = \frac{(p_u \times VED_{(1u)} + p_d \times VED_{(1d)})}{(1+r)} - I_0 \quad [14]$$

donde $VED(4)_0$ representa el valor actual de la estrategia 4, los agentes optan por diferir. Los coeficientes p_u, p_d exponen las probabilidades neutrales al riesgo de mercado binomiales para cada escenario de demanda. $VED_{(1u)}, VED_{(1d)}$ el valor de la estrategia 4 en el escenario alcista y bajista. Finalmente I_0 representa la inversión inicial para el desarrollo.

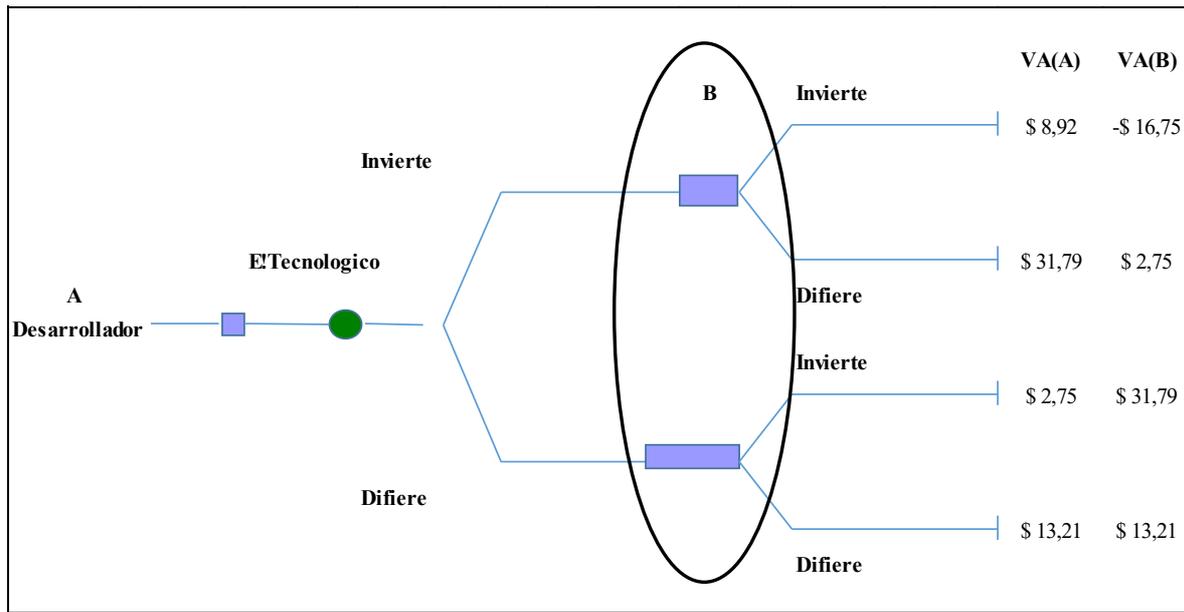
Figura 2. Planteamiento de estrategias de manera extensiva lanzamiento-desgate.



Fuente: Elaboración propia.

2. Las estrategias quedan reducidas a cuatro posibles soluciones conforme se expone en la Figura

Figura 2. Valores esperados estrategias expuestas extensivamente lanzamiento-desgaste.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura es planteado el juego de forma extensiva. Matricialmente queda expuesto en la siguiente tabla.

Tabla 8. Planteamiento matricial del juego lanzamiento-desgaste.

Estrategias		B			
		Diferir		Invertir	
A	Diferir	13,21	13,21	2,75	31,79
	Invertir	31,79	2,75	8,92	(16,75)

Fuente: Elaboración propia.

El equilibrio de Nash se presenta en las estrategias Invertir (A), Diferir (B), par (31,79; 2,75), que resulta en un equilibrio en estrategia dominante. El razonamiento es: dada la acción de diferir (A), la conducta de B es invertir. Dada la acción de invertir (A) la conducta de B es diferir. Dada la acción de invertir (B), el jugador A selecciona invertir, dada la acción de diferir (B) el jugador A selecciona diferir. Diferir es seleccionado una vez por B condicionado a la inversión de A. Desde el punto de vista de estrategias dominantes, para el jugador B no existe una solución. Invertir es superior a diferir si A difiere. Caso contrario es preferible diferir. Para la firma A estrictamente domina invertir, por ende, el equilibrio de Nash lo es también en estrategias dominadas. En este caso quien toma siempre la iniciativa es A, influenciando la conducta del competidor, si decide invertir condiciona a B a diferir. Para éste invertir asumiendo toda la incertidumbre genera un resultado negativo, en particular porque, si bien no se encuentra expuesto al riesgo tecnológico, debe invertir asumiendo los mismos costos de desarrollo que A. Al tener una participación reducida de mercado (33%), no alcanza a cubrir las inversiones. El desarrollador tiene la posibilidad de diferir en el caso de que la resolución de la demanda sea adversa.

En función a las inversiones y riesgos (mercado y tecnológicos), A condiciona a B a diferir, en caso de que tome la iniciativa de inversión. En ese caso, B evita la inversión de desarrollo ($I_{(0)}$) y el riesgo tecnológico, pero accede a un 10% del valor de mercado. Diferir-diferir no es la resolución Pareto

eficiente en este conjunto de estrategias, pues los costos de desarrollo secuenciales no son compartidos. Son replicados y ejecutados en su totalidad por ambas empresas.

Ejemplo con estrategias mixtas. En el análisis anterior se suponía información completa respecto de la conducta de la competencia. En otras palabras, la elección de la estrategia es determinística, dada una conducta. Con estrategias mixtas, el valor actual de las estrategias sigue siendo el mismo, pero varía la probabilidad de elección de los jugadores, pues no se tiene completa información de las reacciones. Pueden ser infinitas en un rango de probabilidad de [0;1]. En este caso, la matriz de pagos consolidados (valores actuales de estrategias) es de 11x11. Cabe destacar que las probabilidades neutrales al riesgo se emplean para calcular el valor actual de la decisión. Las estrategias mixtas implican asignar probabilidad de ocurrencia a la conducta del agente dado el incentivo (valor actual de la estrategia). Dado p , $(1 - p)$, representan las probabilidades de que A difiera-invierta, y q , $(1 - q)$ el caso de B (diferir-invertir), los pagos condicionados por las probables conductas, quedan planteados de la siguiente manera:

Pago de A

$$FF_A = VD_{A \rightarrow D(B)}pq + VD_{A \rightarrow I(B)}p(1 - q) + VI_{A \rightarrow D(B)}(1 - p)q + VI_{A \rightarrow I(B)}(1 - p)(1 - q) \quad [15]$$

Pago de B

$$FF_B = VD_{B \rightarrow D(A)}qp + VD_{B \rightarrow I(A)}q(1 - p) + VI_{B \rightarrow D(A)}(1 - q)p + VI_{B \rightarrow I(A)}(1 - q)(1 - p) \quad [16]$$

Utilizando las ecuaciones anteriores se construyó una tabla de datos. La tabla se elabora con el menú datos/tabla de datos de MS Excel®, con filas y columnas correspondientes a p/q, con $\Delta 0,10$.

Tabla 9. Sensibilidad valor de las estrategias mixtas (q/p probabilidades de ocurrencia).

q/p	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	-7,8	-3,6	0,6	4,9	9,1	13,4	17,6	21,8	26,1	30,3	34,5
0,1	-3,6	0,1	3,9	7,6	11,3	15,1	18,8	22,5	26,3	30,0	33,7
0,2	0,6	3,9	7,1	10,3	13,6	16,8	20,0	23,2	26,5	29,7	32,9
0,3	4,9	7,6	10,3	13,1	15,8	18,5	21,2	23,9	26,7	29,4	32,1
0,4	9,1	11,3	13,6	15,8	18,0	20,2	22,4	24,6	26,9	29,1	31,3
0,5	13,4	15,1	16,8	18,5	20,2	21,9	23,6	25,3	27,1	28,8	30,5
0,6	17,6	18,8	20,0	21,2	22,4	23,6	24,8	26,0	27,3	28,5	29,7
0,7	21,8	22,5	23,2	23,9	24,6	25,3	26,0	26,7	27,5	28,2	28,9
0,8	26,1	26,3	26,5	26,7	26,9	27,1	27,3	27,5	27,6	27,8	28,0
0,9	30,3	30,0	29,7	29,4	29,1	28,8	28,5	28,2	27,8	27,5	27,2
1	34,5	33,7	32,9	32,1	31,3	30,5	29,7	28,9	28,0	27,2	26,4

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el máximo pago acontece cuando la estrategia es invertir/diferir con probabilidades ($p = 1; q = 0$); ($q = 1; p = 0$), de 34,45 coincidente con la suma entre $FF_A = 31,79$ y $FF_B = 2,75$ siempre que $p=1$ y $q=0$ (con certeza A invierte y B difiere). El mínimo pago se da en las estrategias invertir/invertir con ($p = 0; q = 0$) y flujo de -7,8, el pago intermedio se da con las estrategias diferir/diferir con ($p = 1; q = 1$) y flujo de 26,4 (Si se pretende obtener la probabilidad

indiferencia para el jugador A, tal que cualquier probabilidad que asigna a p (diferir) no modifique su pago, independientemente de la elección de B, la expresión queda reducida, $FF(A)=p[-12,41q-6,17]+(22,87q+8,92)$, el valor que debe tomar q en la expresión entre corchetes no indica que q=0, pero condicionado a p=0. Intuitivamente indica que las estrategias puras diferir en conjunto presenta un menor valor que las estrategias puras invertir-diferir). Suponiendo información incompleta, sigue prevaleciendo el resultado obtenido en la Tabla 8. Los valores correspondientes a las decisiones mixtas de A y B generan un menor pago combinado, indicando que las conductas mixtas son dominadas por las estrategias puras.

4.2. Valoración, planteamiento y resolución de una estrategia de acuerdo estratégico (*Join Venture*)

Una alianza estratégica que implique compartir inversiones de desarrollo e infraestructura posiciona a las partes en un juego eminentemente cooperativo. Partiendo de la situación analizada, en este caso la inversión de desarrollo asciende, $I_{0(A,B)} = 7,5$ y la inversión en infraestructura asciende a $I_{1(A,B)} = 40$. Producto del acuerdo, las firmas comparten el mercado en partes iguales $MS\%_{(A,B)} = 50\%$. A diferencia de la situación anterior, no existen estrategias contrapuestas (planes de acción 2 y 3). Simplemente los agentes deben decidir entre invertir-diferir y no existe decisión secuencial ni opcionalidad en la estrategia 1 (inversión o diferimiento) (Para el estado de demanda positiva se tienen $V_{(++),T=1} = MS\% \times V_{(A,++)},T=1 - I_1, = 80,47 = 0.50 \times 192,75 - 40$. Para la demanda descendente $V_{(A,--),T=1} = \text{Max}(MS\% \times V_{(A,--),T=1} - I_1; MS\% \times VD_{(A,--),T=1} = 11,35 = 0.50 \times 50,83 - 40; 0.50 \times 22,70$. En el caso de un escenario adverso se difiere, pactado contractualmente). Para la resolución del modelo son utilizadas las expresiones del caso anterior correspondientes a las estrategias 1 y 4 ajustadas a los valores de inversión y participación de mercado, producto del contrato de colaboración. En el caso de un escenario, el acuerdo establece que las partes difieren la inversión.

Los valores contenidos en las tablas 1 a 4 son la base para calcular el valor de las estrategias, expuestos en los siguientes cuadros. Se exponen los pagos correspondiente a Invertir para cada uno de los estados (V(++), V(--)).

Tabla 10. Valor actual pagos Estrategia 1 acuerdo estratégico.

Estados	Valor t=1	Decisión
A V(++)	80,47	I
B V(++)	80,47	I
A V(--)	11,35	D
B V(--)	11,35	D

Fuente: Elaboración propia.

Pagos correspondientes a cada estado en el caso de respetar el acuerdo de diferir.

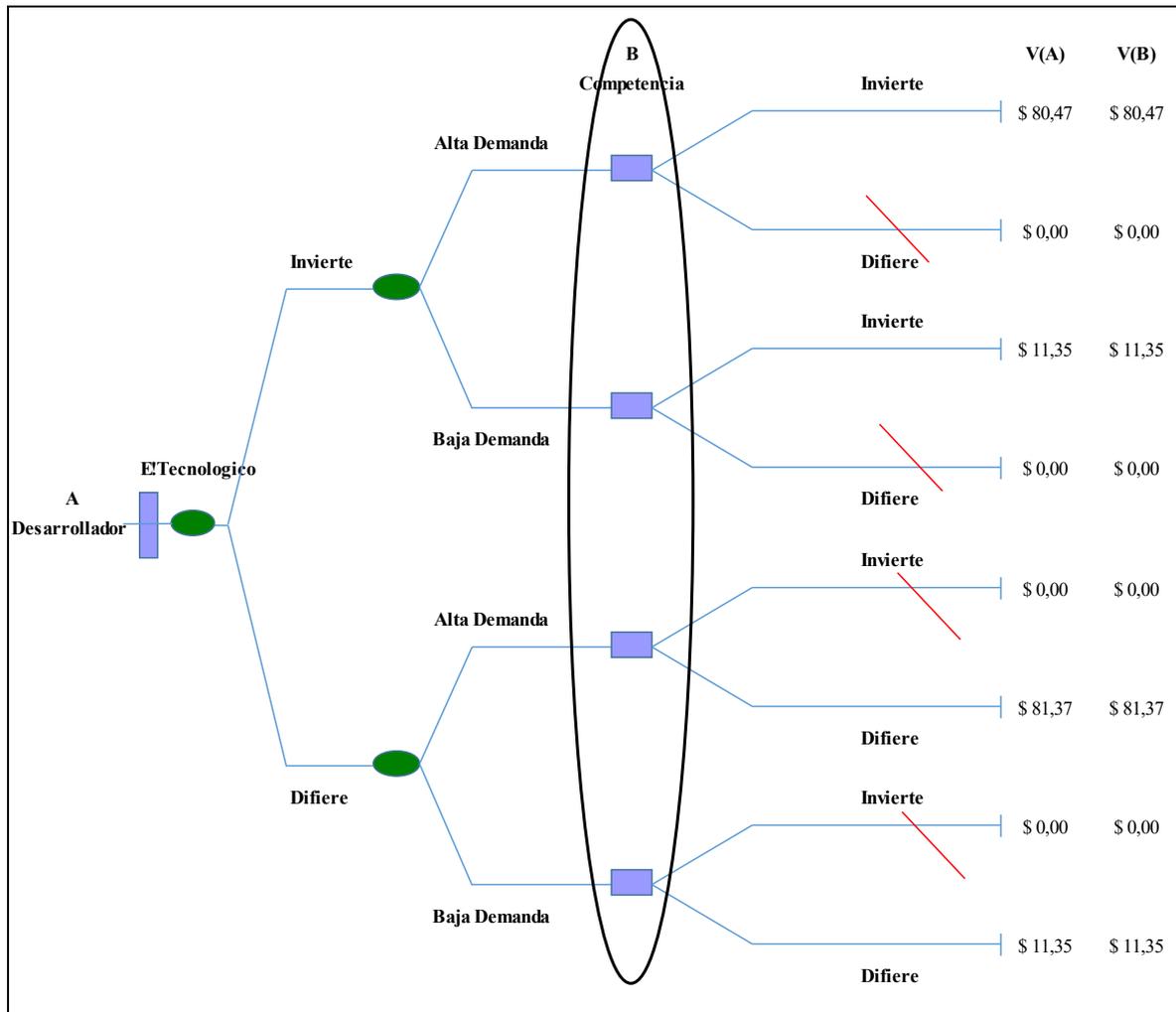
Tabla 11. Valor actual pagos Estrategia 4 acuerdo estratégico.

Estados	Valoren t=1	Decisión
(A/B) V(++)	81,37	D
(A/B) V(--)	11,35	D

Fuente: Elaboración propia.

La propiedad de la opción de diferir corresponde a las empresas por partes iguales. En $t=1$ los pagos correspondientes a cada estrategia son simétricos. Además, los flujos son mayores producto de acordar compartir el proceso de inversión. Se supone que trabajan sin capacidad ociosa, siendo la inversión necesaria para generar una producción que satisfaga la demanda proyectada el equivalente a la inversión total del desarrollador. En el caso de no acuerdo, se genera capacidad ociosa, salvo que el competidor no ingrese al mercado.

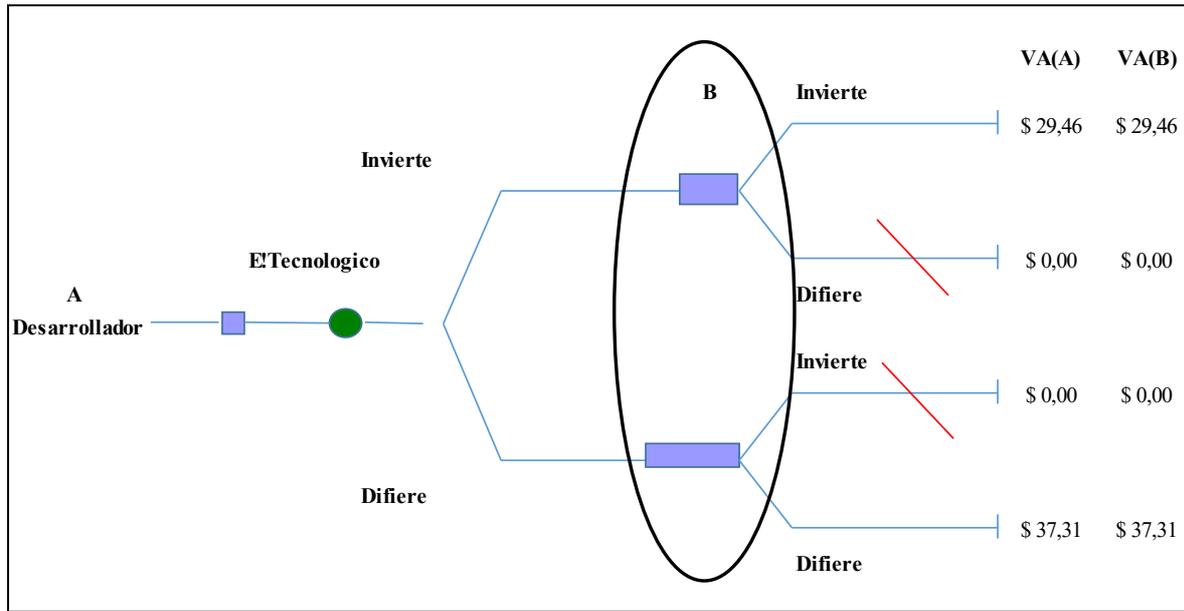
Figura 3. Planteamiento de estrategias de manera extensiva acuerdo estratégico.



Fuente: Elaboración propia.

La forma extensiva expone valores solamente para estrategias coordinadas, desechándose las estrategias de inversión-diferimiento. Trabajando con las ecuaciones 11 y 14 se obtiene los pagos totales para las estrategias 1 y 4.

Figura 4. Valores esperados estrategias expuestas extensivamente acuerdo estratégico.



Fuente: Elaboración propia.

En forma matricial los pagos quedan expresados de la siguiente manera.

Tabla 12. Planteamiento matricial estrategia de alianza.

Estrategias		B			
		Diferir		Invertir	
A	Diferir	37,31	37,31	-	-
	Invertir	-	-	29,46	29,46

Fuente: Elaboración propia.

En este caso hay dos equilibrios de Nash dado por el acuerdo diferir-diferir (37,31; 37,31), o invertir-invertir (29,46; 29,46). Diferir la inversión permite acotar la incertidumbre de mercado aprovechando la asimetría de pagos y la ventaja estratégica compartida.

4.3. Valoración de los incentivos económicos para el cumplimiento del contrato

Claro que el acuerdo estratégico requiere de incentivos formales para su cumplimiento. En tal sentido deben establecerse cláusulas contractuales que penalicen el incumplimiento de parte de los actores (Milanesi & Thomé 2015). En términos de equilibrio de Nash la penalización monetaria debe ser suficiente para generar incentivos a cumplir (El incumplimiento se presenta en la situación en donde se acuerde la estrategia de diferir y una de las partes invierte lanzándose al mercado (estrategias 2 y 3)). La penalización debe ser igual al máximo valor entre el beneficio obtenido por el infractor y el perjuicio económico generado a la contraparte. El incumplimiento puede originarse en la acción u omisión. En el primer caso implica invertir en lugar de respetar el acuerdo de diferir.

$$MM_{inf} = Max\{[VEI(2,3)_{inf(0)} - VED(JV)_{inf(0)}]; [VED(JV)_{perj(0)} - VEI(2,3)_{perj(0)}]\} [17]$$

El valor de la multa debe ser el máximo entre dos flujos. El primero es el beneficio potencial del infractor $[VEI(2,3)_{inf(0)} - VED(JV)_{(0)}]$ diferencia entre los ingresos de invertir siguiendo la estrategia 2, 3 y el costo de oportunidad de no cumplir con diferir, conforme fue pactado en el acuerdo. El segundo flujo está dado por el perjuicio ocasionado a la contraparte, calculado como diferencia entre valor actual de la acción acordada de diferir a favor del perjudicado y el valor de la estrategia de invertir sin tomar la iniciativa, con los perjuicios de pérdida de mercado: $[VED(JV)_{perj(0)} - VEI(2,3)_{perj(0)}]$

Por omisión implica no cumplir con el pacto de invertir:

$$MM_{inf} = \text{Max}\{[VED(4)_{inf(0)} - VEI(JV)_{inf(0)}]; [VEI(JV)_{perj(0)} - VEI(2,3)_{perj(0)}]; [r \times \Delta I_{perj(0)}]\} \quad [18]$$

El valor de la penalización dependerá de los flujos asociados a cada estrategia. Para el caso analizado, no invertir y diferir implica perder participación en el mercado. En este caso es el máximo valor entre tres flujos: a) la diferencia entre el beneficio del infractor por no invertir y diferir, adoptando la estrategia 4 $[VED(4)_{inf(0)} - VEI(JV)_{inf(0)}]$, b) el perjuicio para la contraparte entre el valor de la estrategia de invertir acordada y el valor de la estrategia de invertir sin acuerdo $[VEI(JV)_{(0)} - VEI(2,3)_{perj(0)}]$, esta última es la que debe adoptar el perjudicado, c) el costo financiero incremental que debe asumir la parte perjudicada para lanzar de inmediato el producto y satisfacer la demanda, dado un pacto de diferir $[r \times \Delta I_{perj(0)}]$.

Para la firma A la penalización si no difiere e invierte incumpliendo el acuerdo asciende a, $34,56 = \text{Max}\{[31,79 - \$37,31]; [37,31 - 2,75]\}$. Por omisión (no invertir y diferir) es de $2,38 = \text{Max}\{[13,21 - 29,46]; [29,46 - 31,79]; [0,05 \times 47,5]\}$.

5. Conclusiones

Una estrategia integrada por acciones, recursos y objetivos requiere de métodos numéricos que consideren los riesgos de las decisiones propias, de los estados de la naturaleza y de las decisiones de terceros. El punto de decisión es el presente y la referencia valor actual debe integrar todos los aspectos mencionados. Ya no basta con modelos de primera o segunda generación. El análisis estratégico de inversiones requiere de modelos integrales conjugando un enfoque de opciones y juegos.

El modelo desarrollado descansa en la categoría SROG, es multinomial bajo la lógica de las opciones arco iris, analizando primordialmente estrategia de lanzamiento con un planteamiento de juegos secuencial y sensibilidad de estrategias mixtas.

Conforme fue expuesto, si solamente se utiliza un modelo de opciones reales, la estrategia óptima para el desarrollador consiste en diferir, ya que permite acotar la incertidumbre tecnológica y de mercado. A la conclusión anterior se llega a partir de un razonamiento endógeno del problema. Con un modelo SROG, la estrategia de mayor valor esperado es la decisión opuesta (inversión), con exposición a todo el riesgo del proyecto. Esto es así debido a que el valor de la flexibilidad estratégica contenido en diferir, no logra compensar la pérdida de participación de mercado en el caso de que el oponente adopte la estrategia inversa. Claro que a esta conclusión se llega incorporando las herramientas y equilibrios de la teoría de juegos.

Los acuerdos estratégicos son guiados por el objetivo de maximización de la riqueza y fundados en conductas cooperativas. En el caso analizado es menester incentivar la cooperación para acordar el diferimiento de la inversión. La cooperación en juegos se apoya en dos motivos: a) la existencia de incertidumbre, donde el presente es opacado por el mayor valor esperado que pueda generar la acción cooperativa futuro; b) coercitiva y complementaria es la determinación de multas ante el

incumplimiento. Basado en un modelo SROG se debe calcular el valor actual de la penalización, como el mayor valor entre el perjuicio originado a la contraparte y el beneficio derivado de la conducta no correcta. El modelo propuesto, aporta una herramienta para incorporar estas cláusulas en acuerdos estratégicos.

Referencias

- Aguado, J.C. (2007). *Teoría de la decisión y de los juegos*. Madrid: Delta Publicaciones.
- Armada, M., Kryzanowski, L., & Pereira, P. (2009). Optimal investment decisions for two positioned firms competing in a duopoly market with hidden competitors. *European Financial Management*, 17(2), 305-330. <https://doi.org/10.1111/j.1468-036X.2009.00514.x>
- Arnold, T., & Crack, T. (2003). *Option Pricing in the Real World: A Generalized Binomial Model with Applications to Real Options*. Social Science Research Network SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.240554>
- Axelrod, R. (1981). The Emergence of Cooperation among Egoists. *The American Political Science Review*, 75(2), 306-318. <https://doi.org/10.2307/1961366>
- Axelrod, R. (1986). *La Evolución de la Cooperación*. Madrid, España: Alianza Editoria S.A.
- Black, F., & Scholes, M. (1972). The Valuation of Options Contracts and a Test of Market Efficiency. *Journal of Finance*, 27(2), 399-417. <https://doi.org/10.2307/2978484>
- Boyer, M., Laserrere, P., & Moreaux, M. (2012). A dynamic duopoly investment game without commitment under uncertainty market expansion. *International Journal of Industrial Organization*, 30(6), 663-681. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2012.07.005>
- Boyle, P. (1988). A lattice framework for option pricing with two state variables. *Journal of Finance and Quantitative Analysis*, 23(1), 1-12. <https://doi.org/10.2307/2331019>
- Brandao, L., & Dyer, J. (2009). Projetos de Opcoes Reis com Incertezas Correlacionadas. *Revista de Administracao e Contabilidade da Unisinos*, 6(1), 19-26. <https://doi.org/10.4013/base.2009.61.02>
- Brandao, L., Dyer, J., & Hahnn, W. (2012). Volatility estimation for stochastic project value models. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 642-648. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.059>
- Brennan, M., & Trigeorgis, L. (2000). *Real options: Development and new contributions In: Project Flexibility, Agency, and Competition. New Developments in the Theory and Application of Real Options*. EE.UU: Oxford University Press.
- Broadie, M., & Kaya, O. (2007). A Binomial Lattice Method for Pricing Corporate Debt and Modelling Chapter 11 Proceedings. *Journal of Finance and Quantitative Analysis*, 42(2), 279-312. <https://doi.org/10.1017/S0022109000003288>
- Brockman, P., & Turtle, H. (2003). A Barrier Option Framework for Corporate Security Valuation. *Journal of Financial Economics*, 67(3), 511-529. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(02\)00260-X](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(02)00260-X)
- Brous, P. (2011). Valuing an Early-Stage Biotechnology Investment as a Rainbow Option. *Journal of Applied Corporate Finance*, 23(2), 94-103. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6622.2011.00331.x>

- Castro, E. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 1(2), 31-54. <https://doi.org/10.22458/rna.v1i2.332>
- Chance, D. (2008). A Synthesis of Binomial Option Pricing Models for Lognormally Distributed Assets. *Journal of Applied Finance*, 18(1), 38-56. <https://doi.org/10.2139/ssrn.969834>
- Chevalier-Roignant, B., & Trigeorgis, L. (2011). *Competitive Strategy: Options and Games*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- Chevalier-Roignant, B., Flath, C., & Trigeorgis, L. (2011). Strategic investment under uncertainty: A synthesis. *European Journal of Operational Research*, 215(3), 639-650. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.038>
- Copeland, T., & Antikarov, V. (2003). *Real Options: a practitioner's guide*. New York: Cengage Learning.
- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229-263. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(79\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1)
- Culik, M. (2016). Real options valuation with changing volatility. *Perspectives in Science*, 7, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2015.11.004>
- Derman, E., Kani, I., & Chriss, N. (1996). Implied Trinomial Trees of the Volatility Smile. (Goldman-Sachs, Ed.) *Quantitative Strategies Research Notes*, 14, 1-27.
- Dixit, A., & Pindyck, R. (1994). *Investment under Uncertainty* (1 ed.). New Jersey: Princeton University Press.
- Dixit, A., & Nalebuff, B. (1991). *Thinking Strategically: The competitive edge in business, politics and everyday life*. New York, EE.UU: Norton Press.
- Fudenberg, D., & Tirole, J. (1985). Preemption and rent equalization in the adoption of new technology. *Review of Economics Studies*, 52(3), 383-401. <https://doi.org/10.2307/2297660>
- Fudenberg, D., & Tirole, J. (1986). A theory of exit in duopoly. *Econometrica*, 54(4), 943-960. <https://doi.org/10.2307/1912845>
- Gamba, A., & Trigeorgis, L. (2007). An Improved Binomial Lattice Method for Multi-Dimensional Options. *Applied Mathematical Finance*, 14(5), 453-475. <https://doi.org/10.1080/13504860701532237>
- Ghemawat, P., & Nalebuff, B. (1985). Exit. *Journals of Economics*, 16(2), 184-194. <https://doi.org/10.2307/2555409>
- Graham, J. (2011). Strategic real options under asymmetric information. *Journal of Economics and Dynamic Control*, 35(6), 922-934. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2011.01.001>
- Grenadier, S. (1996). The strategic exercise of options: Development cascades and overbuilding in real state markets. *Journal of Finance*, 51(5), 1653-1679. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1996.tb05221.x>
- Grenadier, S. (2002). Option exercise games: an application to the equilibrium investment strategies of firms. *Review of Financial Studies*, 15(3), 691-721. www.jstor.org/stable/2696718

- Grenadier, S. (2005). Options exercise games: The intersection of real options and game theory. *Journal of Applied Corporate Finance*, 13(2), 99-107. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1996.tb05221.x>
- Guintis, H. (2009). *Game Theory Evolving* (2 ed.). United Kingdom: Princeton University Press.
- Haahtela, T. (2010). Recombining trinomial tree for real option valuation with changing volatility. *Social Science Research Network*, 1-25. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1932411>
- Haahtela, T. (2011). *Estimating Changing Volatility in Cash Flow Simulation Based Real Options Valuation with Regression Sum of Squared Error Method*. Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1>
- Herath, H., & Kumar, P. (2006). Multinomial Approximating Models for Options. 1-37. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.529.6466&rep=rep1&type=pdf>
- Hsu, Y., & Lambrecht, B. (2007). Preemptive patenting under uncertainty and asymmetric information. *Annals of Operations Research*, 151(1), 5-28. <https://doi.org/10.1007/s10479-006-0125-5>
- Jabbour, G., Kramin, M., & Young, S. (Noviembre de 2001). Two-state Option Pricing: Binomial Models Revisited. *Journal of Futures Markets*, 21(11), 987-1001. <https://doi.org/10.1002/fut.2101>
- Jarrow, R., & Rudd, A. (1982). Approximate option valuation for arbitrary stochastic processes. *Journal of Financial Economics*, 10(3), 347-369. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(82\)90007-1](https://doi.org/10.1016/0304-405X(82)90007-1)
- Kamrad, B., & Ritchken, P. (1991). Multinomial Approximating Models for Options with k State Variables. *Management Science*, 37(12), 1640-1653. <https://doi.org/10.1287/mnsc.37.12.1640>
- Korn, R., & Muller, S. (2009). The decoupling approach to binomial pricing of multi-asset options. *The Journal of Computational Finance*, 12(3), 1-30. <https://doi.org/10.21314/jcf.2009.207>
- Kreps, D., Milgrom, P., Roberts, J., & Wilson, R. (1982). Rational Cooperation in Finitely Repeated Prisoner's Dilemmas. *Journal of Economic Theory*, 27(2), 245-252. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(82\)90029-1](https://doi.org/10.1016/0022-0531(82)90029-1)
- Kulatilaka, N., & Perotti, E. (1998). Strategic growth options. *Management Science*, 44(8), 1021-1031. <https://doi.org/10.1287/mnsc.44.8.1021>
- Lambrecht, B. (2001). The impact of debt financing on entry and exit in duopoly. *Review of Financial Studies*, 14(3), 765-804. www.jstor.org/stable/2696773
- Lambrecht, B., & Perraudin, W. (2003). Real options and preemption under incomplete information. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 27(4), 619-643. [https://doi.org/10.1016/S0165-1889\(01\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0165-1889(01)00064-1)
- Lari-Lavassani, A., Simchi, M., & Ware, A. (2001). A discrete valuation of swing options. *Canadian applied mathematics quarterly*, 9(1), 35-73. <https://doi.org/10.1.1.571.8300>
- Massé, P. (1963). *La elección de las inversiones: criterios y métodos*. Sagitario Ediciones.
- Medina, R., & Rodríguez, Y. (2010). Una revisión de los modelos de volatilidad estocástica. *Comunicaciones en Estadística*, 3(1), 79-97. <https://doi.org/10.15332/s2027-3355.2010.0001.05>
- Merton, R. (1973). The Theory of Rational Options Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 141-183.

- Merton, R. (1974). On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, 29(2), 449-470. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1974.tb03058.x>
- Milanesi, G. (2011). Flexibilidad estratégica, teoría de opciones reales y convergencia con el VAN empleando coeficientes equivalentes ciertos y probabilidades del "mundo real". *SaberEs(3)*, 47-60. repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4255
- Milanesi, G. (2013). Asimetría y Curtosis en el Modelo Binomial para valora Opciones Reales: caso de aplicación para empresas de base tecnológica. *Estudios Gerenciales Journal of Management and Economics for Iberoamerica*, 29(128), 368-378. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.09.011>
- Milanesi, G. (2019). Predicciones de fracasos financieros con opciones reales barrera: un estudio para el mercado argentino. *Estudios de Administración*, 26(2), 53-81. <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2019.56951>
- Milanesi, G. (2021). Modelo de valoración con opciones reales, rejillas trinomial, volatilidad cambiante, sesgo y función isoelástica de utilidad. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 32, 257-273. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.4602>
- Milanesi, G. (2022). Opciones reales secuenciales cuadrinomiales y volatilidad cambiante: Incertidumbres tecnológicas y de mercado en desarrollos de inversiones biotecnológicas. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas (REMEF)*, 17(1), 24-49. <https://doi.org/10.21919/remef.v17i1.500>
- Milanesi, G., Pesce, G., & El Alabi, E. (2013). Technology-Based Start up Valuation using Real Opciones with Edgeworth Expansion. *Journal of Financial and Accounting*, 1(2), 54-61. <https://doi.org/10.12691/jfa-1-2-3>
- Milanesi, G., Pesce, G., & El Alabi, E. (2016). Firm valuation and default probability through exotic (barrier) options. *European Accounting and Management Review*, 2(2), 56-76. papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2888799
- Milanesi, G., & Thomé, F. (2015). Un modelo consolidado de opciones reales, teoría de juegos y análisis de costos de transacción para el diseño de acuerdos contractuales. *Revista de Economía Política de Buenos Aires*, 14, 59-81. ojs.econ.uba.ar/index.php/REPBA/article/view/824
- Milanesi, G., & Tohmé, F. (2014). Árboles Binomiales Implícitos, Momentos Estocásticos de Orden Superior y Valuación de Opciones. *Revista de Economía Política (REPBA)*, 12(7), 45-72. ojs.econ.uba.ar/index.php/REPBA/article/view/559
- Murto, P. (2004). Exit in duopoly under uncertainty. *Journal of Economics*, 35(1), 111-127. <https://doi.org/10.2307/1593732>
- Nash, J. (1953). Two-Person Cooperative Games. *Econometrica*, 21(1), 128-140. <https://doi.org/10.2307/1906951>
- Pareja, J., Prada, M., & Moreno, M. (2019). Volatilidad en Opciones Reales: Revisión literaria y un caso de aplicación al sector petrolero colombiano. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 27, 136-155. www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2820
- Pawlina, G., & Kort, P. (2006). Real options in an asymmetric duopoly: Who benefits from your competitive disadvantage? *Journal of Economics and Management Strategy*, 15(1), 1-35.

- Paxson, D., & Melmane, A. (2009). Multi factor competitive internet strategy evaluation: Search expansion, portal synergies. *Journal of Modeling Management*, 4(3), 249-273. <https://doi.org/10.1108/17465660911006477>
- Paxson, D., & Pinto, H. (2003). Rivalry under price and quantity uncertainty. *Review of Financial Economics*, 14(3-4), 209-224. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2005.04.002>
- Rendleman, R., & Bartter, B. (1979). Two State Option Pricing. *The Journal of Finance*, 34(5), 1093-1110. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1979.tb00058.x>
- Rubinstein, M. (1983). Displaced Diffusion Option Pricing. *Journal of Finance*, 38(1), 213-217. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1983.tb03636.x>
- Rubinstein, M. (1994). Implied Binomial Trees. *Journal of Finance*, 49(3), 771-818. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1994.tb00079.x>
- Rubinstein, M. (1998). Edgeworth Binomial Trees. *Journal of Derivatives*, 5(3), 20-27. <https://doi.org/10.3905/jod.1998.407994>
- Rubinstein, M. (2000). *On the Relation Between Binomial and Trinomial Option Pricing Model*. Berkeley, Research Program in Finance-292. California: UC Berkeley. <http://haas.berkeley.edu/finance/WP/rpflist.html>
- Smit, H. (2003). Infrastructure investment as a real options game: The case of European airport expansion. *Financial Management*, 32(4), 5-35. <https://doi.org/10.2307/3666135>
- Smit, H., & Ankum, L. (1993). A real options and game-theoretic approach to corporate investment strategy under competition. *Financial Management*, 22(3), 241-250. <https://doi.org/10.2307/3665941>
- Smit, H., & Trigeorgis, L. (2004). *Strategic Investment: Real Options and Games* (1 ed.). New Jersey, Estados Unidos: Princeton University Press.
- Smith, J. (2005). Alternative Approach for Solving Real Options Problems. *Decision Analysis*, 2(2), 89-102. <https://doi.org/10.1287/deca.1050.0041>
- Smith, J., & Nau, R. (1995). Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis. *Management Science*, 41(5), 795-816. <https://www.jstor.org/stable/2633099>
- Thijssen, J. (2010). Preemption in a real option game with a first mover advantage and a player-specific uncertainty. *Journal of Economic Theory*, 145(6), 2448-2462. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2010.10.002>
- Tian, Y. (1993). A modified lattice approach to option pricing. *The Journal of Futures Markets*, 13(5), 563-577. <https://doi.org/10.1002/fut.3990130509>
- Trigeorgis, L. (1995). *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications* (1 ed.). London, United Kingdom: Praeger.
- Van der Hoek, J., & Elliot, R. (2006). *Binomial models in Finance*. New York, United State: Springer Science.
- Wilmott, P. (2009). *Frequently Asked Questions in Quantitative Finance* (Segunda ed.). United Kingdom: John Wiley & Sons.

Zapata, C. (2019). Valoración de opciones reales con múltiples incertidumbres mediante modelos K dimensionales. *ODEON*, 16, 97-121. <https://doi.org/10.18601/17941113.n16.05>

Modelo CAPM para la valoración de acciones de las empresas en el mercado de la construcción durante el periodo 2015 - 2020

OSSA GONZÁLEZ, GENJIS ALBERTO
Universidad Popular del Cesar (Colombia)
Correo electrónico: gossa@unicesar.edu.co

ROJAS DOMÍNGUEZ, MIRIAM
Universidad Popular del Cesar (Colombia)
Correo electrónico: miriamrojas@unicesar.edu.co

RESUMEN

El presente artículo consiste en la aplicación del modelo CAPM sobre las empresas que cotizan en la bolsa de valores y están relacionadas al sector de la construcción en Colombia durante el periodo del 1 de enero del 2015 hasta el 31 de diciembre del 2020. Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo con un tipo de investigación descriptiva y longitudinal. Su metodología consistió en la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios a las volatilidades diarias del activo en función de la estimación de los betas, los cuales cumplieron en su mayoría con los valores probabilísticos y los interceptos no eran diferentes de 0, lo que es coherente con la hipótesis del modelo. En cuanto a las variables que acompañan el modelo se escogió la tasa libre de riesgo TFIT16240724 y como variable que mide el riesgo de mercado al índice ICOLCAP. Finalmente, obtenidos los resultados, estos fueron evaluados, concluyéndose que el coeficiente beta es un indicador aceptable en la valoración riesgo-rentabilidad del activo durante el periodo en cuestión, más sin embargo como estimador no es efectivo, lo que refleja la poca eficacia del modelo.

Palabras clave: CAMP; tasa libre de riesgo; MCO; beta; índice.

Clasificación JEL: F65, G12.

MSC2010: 62J05, 62J20.

CAPM model for the valuation of shares of companies in the construction market during the period 2015 - 2020

ABSTRACT

This article consisted of the application of the CAPM model on companies listed on the stock exchange of and related to the construction sector in Colombia during the period from January 1, 2015 to December 31, 2020. This research has a quantitative approach with a type of descriptive and longitudinal research. Its methodology consisted in the application of ordinary least squares to the daily volatilities of the asset based on the estimation of the betas, which mostly complied with the probabilistic values and the intercepts were not different from 0, which is consistent with the model hypothesis. As for the variables that accompany the model, the risk-free rate TFIT16240724 was chosen and the ICOLCAP index was chosen as the variable that measures the market risk. Finally obtained the results, these were evaluated, concluding that the beta coefficient is an acceptable indicator in the risk-return assessment of the asset during the period in question, however, as an estimator it is not effective, which reflects the ineffectiveness of the model.

Keywords: CAMP; risk-free rate; MCO; beta; index.

JEL classification: F65, G12.

MSC2010: 62J05, 62J20.



1. Introducción

Es un imperativo para cualquier inversor ser objetivo en el momento de escoger algún instrumento de inversión, con el fin de tomar una decisión clara y particular sobre qué industria puede ser la mejor en ofrecer una relación riesgo - rentabilidad adecuada para mi criterio de inversión. Por ejemplo, la industria de la construcción contribuye en términos de reactivación laboral e impulso sectorial derivado o dependiente de esta industria. Sin embargo, todo lo anterior responderá en la medida de las expectativas de inversión del sector público y privado. En Colombia esta industria significa en el mercado laboral una participación promedio (periodo de estudio mensual que abarca 16 meses, enero 2021 a abril de 2022) en el total de ocupados del 7,36% (DANE, 2022a) y como porcentaje del PIB su participación promedio trimestral en el año 2019 previo la emergencia sanitaria era 6,35% y posteriormente ya en el primer trimestre del 2022 era del 5,01% (DANE, 2022b).

Ahora bien, generalmente el camino para ser objetivos y determinar el proceso humano de la toma de decisiones con el fin de identificar operaciones rentables del mercado iniciará o terminará de algún modo en una expresión cuantitativa resultado de un modelo matemático. Es por lo anterior que uno de los primeros modelos que se aplican para explicar las rentabilidades de los activos financieros es el modelo de valoración de activos llamado Capital Asset Pricing Model (CAPM) que significa modelo de fijación de precios de activos de capital (Martínez, 2021) y es una de las metodologías financieras dentro de la valoración financiera para determinar el costo de oportunidad de un activo en función de la rentabilidad del mercado, es decir, el riesgo del activo medido por la pendiente de la recta o coeficiente β y el riesgo libre.

La construcción de este modelo se le atribuye a William Sharpe (1964), John Lintner (1965) y a Jan Mossin (1966) los cuales demuestran que este modelo explica el retorno que debe producir los activos para tener una tasa de ganancia adecuada con respecto al capital invertido. Entre los supuestos más generales que plantea el modelo es que los inversores tienen aversión al riesgo, es decir, que buscan maximizar su utilidad. Así mismo, Bodie et al. (2004) exponen los siguientes supuestos:

- Los inversores forman carteras de una serie de activos y tienen acceso a oportunidades ilimitadas para obtener y ofrecer créditos a la tasa libre de riesgo.
- Los inversionistas tienen expectativas homogéneas con respecto a la rentabilidad de los activos.
- Los inversionistas no pueden influir de manera individual en los precios de mercado e intentan construir una frontera eficiente en el mercado.
- Los activos son fijos, divisibles y negociables.

Así pues, la notación clásica del modelo CAPM presume la existencia de un activo libre de riesgo:

$$E(R_Z) = \bar{R}_f + \beta_Z (\bar{R}_m - \bar{R}_f) \quad Z = 1 \dots, N$$

$$E(R_Z) = \bar{R}_f + \beta_Z \cdot \bar{R}_m - \beta_Z \cdot \bar{R}_f$$

$$E(R_Z) = \bar{R}_f (1 - \beta_Z) + \beta_Z \cdot \bar{R}_m \quad [1]$$

De acuerdo a la especificación de Gómez y García (2011) se tiene que la rentabilidad esperada de una acción $E(R_Z)$ es igual a la rentabilidad libre de riesgo del activo \bar{R}_f , es decir, que es una tasa de interés en la que se espera un rendimiento seguro debido a que su desviación estándar teóricamente debe ser de cero con respecto al valor esperado. Lo anterior más (+) el coeficiente β_Z , esta última representa la sensibilidad de la rentabilidad del activo con respecto al mercado $Covarianza(R_Z, R_m)$, y el cociente que es la variable independiente que se referencia como la rentabilidad del mercado.

$$\beta_i = \frac{\text{Covarianza}(R_z, R_m)}{\text{Varianza}(R_m)} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_z - \bar{R}_z) \cdot (R_m - \bar{R}_m)}{\sum_{i=1}^n (R_m - \bar{R}_m)^2} \quad [1.1]$$

Lo anterior que multiplica la prima de riesgo $[E(\bar{R}_m) - \bar{R}_f]$ que básicamente es la diferencia entre la rentabilidad del mercado y la tasa libre de riesgo. Así mismo, el coeficiente de correlación β_1 de acuerdo a Brealey et al. (2006) puede interpretarse bajo los siguientes grados:

- Si $\beta_1 = 1$, significa que la tasa de retorno del activo es neutral, es decir, que subirá y bajará proporcionalmente con la tasa de retorno del portafolio de mercado.
- Si $\beta_1 > 1$, significa que el activo tiene más riesgo, lo que significa que sus altas o bajas serán más agresivas que el promedio de la cartera del mercado.
- Si $\beta_1 < 1$, significa que el activo tiene menos riesgo, lo que significa que sus altas o bajas serán menores que el promedio de la cartera del mercado.

Los $-\beta_1$ son activos que tiene una tasa de rendimiento que se mueve en la dirección opuesta al rendimiento del mercado, lo que significa que cuando el rendimiento del mercado aumenta, el rendimiento de las acciones de la empresa disminuye (Sharpe, 1964; Alqisic & Alqurran, 2016).

Finalmente, el objetivo central de este documento es aplicar la metodología Capital Asset Pricing Model (CAPM) para valorar los activos de renta variable de las 7 empresas en Colombia que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia. Así pues, este documento se organiza de la siguiente forma: se presenta la revisión de la literatura, seguido de la selección de los datos y su respectiva metodología; posteriormente se presentan los resultados y, en último lugar, la conclusión del documento.

2. Revisión de la literatura

En este apartado se abordan algunas implicaciones sobre los postulados acerca del CAPM. Como se mencionaba anteriormente este modelo fue creado por Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) con el fin de estimar las rentabilidades esperadas. Sin embargo, el modelo CAPM sienta las bases sobre el coeficiente beta de Markovitz (1952) que analiza la dependencia de la media y del modelo de Media-Varianza del valor de una cartera de activos para generalizar y predecir el comportamiento de los mercados financieros (Perilla, 2008, p. 8; Gimeno, 2014, p. 15). Desde que se formuló el modelo CAPM gran cantidad de investigadores han encontrado fallos en la formulación de este modelo y en respuesta han formulado nuevas formas que introducen nuevos factores.

Diversos autores han hecho nuevos cambios en el modelo clásico. Por ejemplo, Black (1972) desarrolla un modelo con una beta igual 0, es decir, que su modelo se basa en la existencia de una cartera donde el activo libre de riesgo no se da siempre como condición necesaria. También hay otros planteamientos dentro de los que se encuentran Rubinstein (1976), Lucas (1978) y Breeden (1979) quienes plantean un CAPM basado en el consumo y su principal diferencia radica en que la beta se mide con respecto a la riqueza agregada del consumo; lo anterior se define bajo las rentabilidades de los activos con el consumo agregado.

En cuanto a Fama y MacBeth (1973) aplican una metodología determinada por dos regresiones: la primera es una regresión cruzada entre el activo y el factor de riesgo. En la segunda etapa es que bajo las estimaciones de la primera etapa se procede a realizar una regresión transversal con los betas obtenidos y la variación promedio relativa. Sin embargo, se han encontrado problemas en la etapa donde se estiman los betas, pues autores como Motta (2012, p. 25) expresan que la limitación es asumir como factor de riesgo a β_z calculado con respecto a la representación idéntica del β_z real que existe en el

mercado, lo que resulta en un margen de error de estimación. Lo anterior es afirmado también por Esteban (2008, p.11) que en vez de las betas verdaderas, introduce un problema de errores en variables de la regresión que produce sesgo e inconsistencia en los estimadores.

El planteamiento de Ross (1976) indica que el rendimiento de un activo financiero debe estar en función de un bono libre de riesgo y de distintas fuentes de riesgo sistemático. Más adelante Fama y French (1996) analizan el rendimiento bajo la metodología de Fama y Macbeth y demuestran que el retorno promedio de las utilidades de las empresas no está relacionado con las variables del CAPM. Sobre los supuestos que maneja el CAPM autores como Fernández (2014) mantienen una posición escéptica sobre la validez, pues según el autor el modelo no sirve para explicar el funcionamiento del mercado y señala que carece de veracidad el hecho de que los inversores tengan expectativas homogéneas.

En general la evidencia sobre la aplicación del CAPM clásico deja abierto una infinidad de dudas. Padrón y Boza (2005) hacen una revisión de literatura en la que concluyen que las desventajas expuestas encontradas se pueden resumir en que inicialmente se parte de la hipótesis de un mercado eficiente, pero que en la práctica se encuentra que existe una debilidad entre la relación del beta y la rentabilidad media y la existencia de inestabilidad temporal.

A continuación, se presentan estudios mundiales y luego los realizados en Colombia sobre el modelo CAMP en orden cronológico:

En la Bolsa de Valores de Londres (LSE) por parte de Nikolaos (2009) se empleó el CAPM durante el periodo 1980-1998 para 39 acciones bajo una metodología de doble regresión, donde los autores determinan que el CAPM sobre los datos escogidos rechaza la segunda hipótesis de la ordenada sobre la prima de riesgo de mercado, por lo tanto, carece de significación estadística.

En Colombia, Velandia y Pertuz (2011) aplicaron el modelo a 38 acciones de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) durante el periodo del 2007 y 2008, tomaron como tasa libre de riesgo al (DTF) tasa de captación a través de Depósitos a Término Fijo (DTF) y como variable de mercado al Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC). Su estimación fue bajo los MCO para cada uno de los sectores en que fueron agrupados las acciones. Estos concluyen que los rendimientos de cada uno de los sectores fueron lineales, mostrando resultados significativos y coherentes con la teoría.

Así mismo, Hassan y Rodríguez (2012) usaron el modelo de valorización de activos (CAMP) para todas las acciones que cotizaban en el periodo 2001-2010 en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). Los resultados principales fueron que los betas resultaron significativos dados que corresponde a una regresión bajo un modelo ex-post. Así mismo, los resultados bajo los ejercicios de sección cruzada y los intervalos de confianza resultados significativos. Sin embargo, exponen que no hay razón para rechazar estadísticamente al CAMP pero si para no aceptarlo, pues la razón de ello es que bajo un modelo ex-ante el resultado tiende hacer sobre escenarios prospectivos y no los posiblemente reales.

Para la Bolsa de Valores de “Karachi KSE” de Pakistán Khan et al. (2012) calcularon los betas de diez empresas y sus respectivos rendimientos esperados y reales durante los periodos del 2006 a 2010, su tasa libre de riesgo fue la tasa del certificado de ahorro nacional y la del mercado fue la 100-Índex. Concluyen que los resultados no son axiomáticos con las hipótesis del modelo CAPM.

Por su parte, Caro y Rey (2016) realizaron en Colombia un estudio a 8 acciones durante tres sub-periodos (2008, 2014 y 2015) con un activo libre de riesgo (COLTES) y sus retornos, y como índice de mercado en su momento al COLCAP, concluyendo que la relación directa entre riesgo y rendimiento no se cumple para los periodos 2008 y 2015 y para el año 2014 el supuesto sí se cumple en la medida en que sus retornos son positivos; sin embargo, son muy bajos para el nivel de riesgo asumido.

En Ecuador, Valverde y Caicedo (2020) llevaron a cabo un estudio en 35 empresas para calcular las betas durante el periodo (2014-2019) mediante la aplicación del Modelo de Valoración de Activos

de Capital (CAPM), para conocer la influencia rentable de las empresas vinculadas a la Bolsa de Valores del Ecuador. Sus resultados principales concluyeron que el uso del riesgo sistemático no se considera como un modelo de valoración de activos financieros fuertes, debido a que trabaja bajo supuestos.

Por otro lado, Tovar-Vásquez (2020) estudió la cesta de acciones del COLCAP de dos sectores, el comercial y el sector público para el año 2019. Para ambos sectores los betas son poco agresivos, es decir, que no se mueven a la misma intensidad que el del mercado. Para las empresas del sector público se identificó un beta de 0,23, y así reacciona poco frente al comportamiento del mercado; por su parte, el sector comercial presenta un beta de 0,84 que se aproxima a 1 y se puede decir que es más propenso a movimientos fuertes.

Y, por último, Mancera (2021) llevó a cabo un estudio sobre la volatilidad accionaria de entidades bancarias de Colombia en el periodo 2011-2020, utilizando el modelo de Markowitz; este último es sobre el cual sienta sus bases el CAMP para identificar el riesgo y la rentabilidad de las acciones. Bajo este modelo de Markowitz concluyen que el portafolio de entidades bancarias para que pueden obtener un máximo nivel de rentabilidad implica que deben tener un mayor riesgo, u obtener la mínima varianza implica obtener un nivel menor de renta.

3. Selección de datos y metodología

Para desarrollar el modelo CAPM, es necesario aplicar una metodología de tipo descriptiva, bajo un enfoque cuantitativo en cuanto se planea observar el comportamiento de los activos bajo algunos indicadores estadísticos que permitan una visión más específica sobre cada una de las empresas; sobre el diseño de la investigación y siguiendo los parámetros expuestos por Fernández et al. (2014) se encuadra sobre lo no experimental. Por consiguiente, y como técnica de recolección, se elabora una base de datos de análisis temporal para cada una de las muestras de renta variable con los precios de cierre de 7 empresas R_z relacionadas directamente con la industria de la construcción y que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) y negociadas durante los días hábiles entre el periodo del 1 de enero del 2015 hasta el 31 de diciembre del 2020. Por otro lado, como elemento de medición del mercado R_m se escogió el índice bursátil ICOLCAP debido a que es el principal de la (BVC) y en el que participan las 20 acciones más liquidas, y por último la tasa libre de riesgo R_f es el TFIT16240724 (TES 2024), que por ser un bono soberano del gobierno colombiano garantiza un rendimiento pero con menor riesgo; así mismo su función teórica es ser el coste del capital mínimo, es decir, la rentabilidad mínima esperada de la inversión.

Tabla 1. Acciones escogidas.

Ref.	ACCIÓN	EMISOR	SECTOR
N1	GRUPOARGOS	GRUPO ARGOS S.A.	Inversiones
N2	ELCONDOR	CONSTRUCCIONES EL CONDOR S.A.	Industrial
N3	PFGRUPOARG	GRUPO ARGOS S.A.	Inversiones
N4	CEMARGOS	CEMENTOS ARGOS S.A.	Industrial
N5	PAZRIO	ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.	Industrial
N6	PFCEMARGOS	CEMENTOS ARGOS S.A.	Industrial
N7	CONCRET	CONSTRUCTORA CONCRET S.A.	Industrial

Fuente: Elaboración propia.

Una vez organizados, tabulados y especificados como variable dependiente e independiente, se procedió a determinar la rentabilidad diaria promedio r_{dpz} del R_z con sus respectivas volatilidades $\sqrt{s^2}$.

$$r_{dpz} = \frac{\sum \frac{P_{Zt}}{P_{Zt-1}} - 1}{N} \quad [2]$$

$$\sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_n - \bar{x}_n)^2}{(N-1)}} \quad [3]$$

4. Resultados

Bajo lo anterior el índice de mercado tuvo una rentabilidad promedio diaria del del 0,01% y una desviación del 1,23%. Por su parte en la Tabla 2 se evidencia el comportamiento de estos indicadores con R_z .

Tabla 2. Rentabilidad diaria promedio y desviación de las R_z .

R_z	Rentabilidad	Volatilidad	Varianza
N1	0,003%	2,36%	0,056%
N2	-0,008%	1,67%	0,003%
N3	-0,022%	2,13%	0,05%
N4	-0,010%	2,14%	0,046%
N5	0,011%	3,09%	0,10%
N6	-0,032%	2,00%	0,04%
N7	-0,055%	2,32%	0,054%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el Tabla 2, hay 5 acciones con rentabilidades negativas, es decir, que prevaleció más la caída del precio de la acción a diferencia de N1 (0,003%) y N5 (0,011%) que sobresalen por tener una rentabilidad positiva debido a que primó más una tendencia al alza durante el periodo estudiado. Para determinar los β_z es necesario especificar la variable dependiente R_z y la independiente R_M para luego hacer una regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) entre esas dos variables. Debe aclararse que la curva de regresión se hace con la serie de datos que muestran la rentabilidad de la valoración diaria del activo y esto es porque las cotizaciones son diarias, es decir, su variación relativa diaria σ .

$$\sigma R_z = \alpha \cdot \beta_z \cdot \sigma R_m + \varepsilon_u \quad [4]$$

donde la variable regresada es σR_z , la regresora o variable independiente es σR_m y ε_i es el término de error que resulta según Larios et al. (2014, p. 27) de la diferencia entre el valor observado de la variable dependiente y el valor estimado para cada valor de la variable independiente. Por último, está el intercepto α que de acuerdo a Rubio (1987, p. 13) los planteamientos teóricos del modelo consideran que el α debería no ser significativamente diferente de 0. Así pues, en nuestro modelo en lo absoluto todas no son muy diferentes a 0, lo que quiere decir que según Rodríguez y Maturana (2010) se espera que el beneficio por riesgo sea explicado por las variables del modelo. También podemos observar en la Tabla 3, que estadísticamente son significativas todas las R_z , con respecto al p-valor a

excepción de N5; esta última tiene un p-valor para beta no concluyente, lo que no tiene fundamento para predecir la relación entre riesgo y rentabilidad durante el periodo.

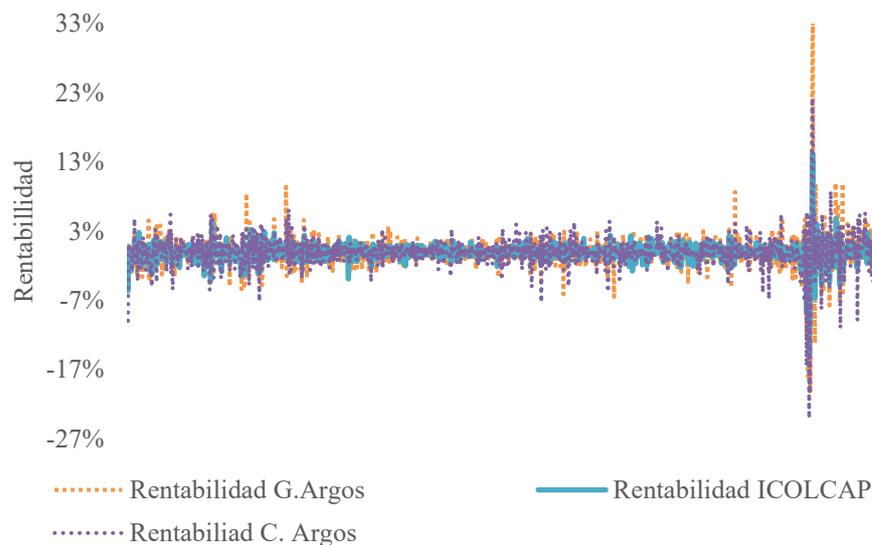
Tabla 3. Betas de las empresas.

R_z	β_{1z}	Medición	$p > t $	α	$R_f(1 - \beta_z)$
N1	1,224488828	$\beta > 1$	0,000%	-0,0037%	-1,3950%
N2	0,091099766	$\beta < 1$	1,035%	-0,0082%	5,6468%
N3	0,915927458	$\beta < 1$	0,000%	-0,0275%	0,5223%
N4	1,047535506	$\beta > 1$	0,000%	-0,0157%	-0,2953%
N5	-0,09949247	$\beta < 1$	13,00%	0,0113%	6,8309%
N6	0,79284377	$\beta < 1$	0,000%	-0,0364%	1,2870%
N7	0,280496713	$\beta < 1$	0,000%	-0,0561%	4,470%

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario señalar que el intercepto en el modelo CAPM es prescindible bajo el hecho de mirar su nivel de significatividad para la acción; sin embargo, el modelo reemplaza α que es $R_f(1 - \beta_z)$ en la ecuación original y también reemplaza al intercepto de la regresión o como también es conocido el “alfa de Jensen” por la \bar{R}_f debido a que según Velandia y Pertuz (2011, p. 119) el rendimiento de un activo sólo depende de la tasa libre de riesgo más una prima por incurrir en el riesgo de mercado, entonces, incluirle un intercepto sería adicionarle un riesgo que el CAPM no considera.

Figura 1. Activo Grupo Argos y Cementos Argos.



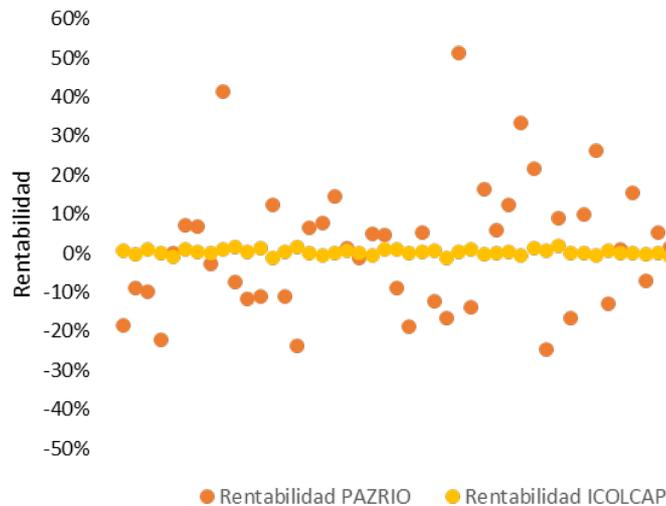
Fuente: Elaboración propia.

Para este ejercicio el Beta de los R_z que es más predominante es el que está por debajo de 1, siendo éste un indicador del componente riesgo de mercado que muestra el rendimiento de R_z para las empresas $N2 \dots N3$ y $N5 \dots N7 < \bar{R}_M$ teniendo un rendimiento menor al promedio de todo el mercado.

Por su parte, R_z para $N5$ indica que su rendimiento es inverso (Figura 2), es decir, que la relación del activo aumentará cuando caiga la del mercado y viceversa, lo que tiene cierta correspondencia con la correlación débil negativa de $N5$ con respecto al ICOLCAP ($\overline{R_M}$).

Como se evidencia en la figura anterior, Grupo Argos $N1$ y Cementos Argos $N4$ tienen mayores variaciones que el rendimiento del mercado, lo que significa que sus tendencias serán más agresivas que el promedio de la cartera del mercado, sin embargo, Ayús et al. (2017, p.2) expresan que solo será favorable el activo agresivo si el mercado está en etapa de crecimiento, más no cuando está en etapa de recesión, por eso este tipo activos poseen un mayor riesgo sistemático.

Figura 2. Activo Acería Paz del Rio.



Fuente: Elaboración propia.

Para la Figura 2 la rentabilidad diaria de la acción PAZRIO con respecto al índice de mercado fue necesario descartar las variaciones relativas iguales a 0, pues de las 1.459 observaciones totales (variaciones relativas diarias) 1.411 tenían el criterio mencionado (eran iguales a 0). Así pues, reorganizando y tabulando los datos de la acción PAZRIO con respecto al índice de mercado en función de que solo quedaran aquellas fechas donde hubo una variación diferente de 0, se encontró que las variaciones relativas de la acción son más agresivas que el índice mercado y que efectivamente de las 48 observaciones el 60,41% tienen tendencia inversa (Anexo 1).

La sensibilidad al riesgo total del portafolio o de la cartera β_p es de 0,725398674 descartando al β_z para $N5$, es decir que se encuadra con un $\beta < 1$, lo anterior se determina de la siguiente manera:

$$\beta_p = \frac{\sum_{z=1}^n \beta_z}{N} \quad [5]$$

Para determinar el rendimiento esperado del activo $E(R_z)$, es necesario que se encuentre en función del bono libre de riesgo medio $\overline{R_f}$ mas (+) la β_z que multiplica la diferencia entre el I_{ea} interés efectivo anual del mercado y la $\overline{R_f}$.

$$E(R_z) = \frac{\sum_{t=1}^n R_f}{N} + \beta_z [(1 + i_{pd})^{360} - 1] - \frac{\sum_{t=1}^n R_f}{N} \quad [6]$$

Para encontrar $i_{ea} = [(1 + i_{pd})^{360} - 1]$, es necesario hallar la tasa continua i_c , que es la r_{dpz} , y ésta debe ser convertida a una tasa periódica diaria i_{pd} a través de $\ln(1 + r_{dpz})$ para que pueda ser pasada a i_{ea} .

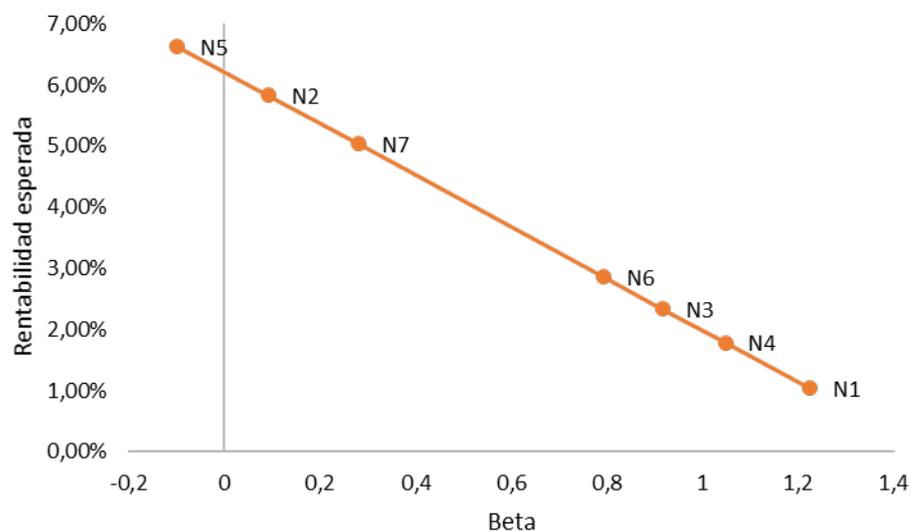
Tabla 4. Rendimiento esperado de las acciones.

R_z	$E(R_z)$
N1	1,04%
N2	5,83%
N3	2,34%
N4	1,78%
N5	6,63%
N6	2,86%
N7	5,03%

Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento esperado total del portafolio o de la cartera se determina con el rendimiento promedio $E(R_{pz})$ de las empresas que la conforman (ecuación 6) que para este elemento el resultado es de 3,64% efectivo anual.

Figura 3. Relación rentabilidad efectiva anual esperada de la acción con su Beta.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se evidencia la relación que existe entre el beta de las empresas y la rentabilidad efectiva anual esperada de las mismas. Esta figura muestra una tendencia a que cuanto mayor sea la sensibilidad del activo frente al rendimiento del mercado, menor va ser la rentabilidad esperada; es por lo anterior que las acciones de N2 ELCONDOR y N7 CONCRET esperan una mayor rentabilidad.

5. Validación empírica

Para realizar la validación empírica de la efectividad del β_Z se escogieron las mismas empresas, pero con el periodo del 30 de diciembre del 2020 al 30 de abril del año 2021, es decir, 82 días hábiles de los cuales 81 días (la variación relativa hace perder una observación) se evidencia una rentabilidad en comparación a la efectividad del beta.

Las condiciones para dicha medición son a través de la misma condicional del beta realizado, es decir, que:

$$\text{Si } \beta_Z > 1 = \sigma_{R_Z} > \sigma_{R_M} \rightarrow \text{cumple}$$

$$\text{Si } \beta_Z < 1 = \sigma_{R_Z} > \sigma_{R_M} \rightarrow \text{no cumple} \quad [7]$$

Por tanto, la rentabilidad del activo se tendría que mover según los escenarios prospectivos del beta para que pueda cumplir. Así pues, bajo lo anterior se tiene que para los primeros 4 meses de 2021 la nueva sensibilidad del activo con respecto al mercado es de la siguiente manera:

Tabla 5. Efectividad de las betas peri.

Rz	β_Z	Cumple	No cumple	Efectividad
N1	1,224488828	32	49	39,50%
N2	0,091099766	40	41	49,38%
N3	0,915927458	48	33	59,28%
N4	1,047535506	41	40	50,61%
N5	-0,09949247	*	*	*
N6	0,79284377	35	46	43,20%
N7	0,280496713	44	37	54,32%

*p-valor de beta no concluyente. Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

Esta investigación tuvo como principal objetivo aplicar la metodología Capital Asset Pricing Model (CAPM) para valorar los activos de renta variable de las 7 empresas en Colombia que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia y que su actividad está directamente relacionada a la industria de la construcción. Desde el punto de vista de los resultados de las pruebas estadísticas que muestran que la prueba de intercepto α de la regresión se tuvo un criterio general significativamente no mayor a 0, lo que es coherente y por el lado del valor de la probabilidad para el coeficiente beta todos son significativos excepto para el activo de PAZRIO. Por lo anterior se pudo determinar la rentabilidad esperada efectiva anual de las demás acciones.

Ahora bien, los betas del periodo de medición son aceptables dado que existen intervalos de confianza tolerables y, por tanto, se toma por hecho la importancia del indicador Beta como valoración de la sensibilidad de la rentabilidad del activo frente a la rentabilidad del mercado. Sin embargo, la veracidad del resultado principal del CAMP no queda del todo aceptada dado que existe una preponderancia contraria del activo en los primeros 4 meses del 2021 con respecto al comportamiento del beta en el periodo de estudio de esta investigación (Tabla 5), es decir, que es probable que la rentabilidad esperada no sea la que está expuesta en la Tabla 4 debido a que el comportamiento nuevo

2021m4 de las acciones tienen una sensibilidad contraria al que muestran los betas del periodo de medición 2015 - 2020.

Por tanto, esta investigación considera que esta metodología de valoración es buena, pero como proyección de una rentabilidad a esperar es muy débil debido a los cambios en el mercado; la evidencia está demostrando que los márgenes de los betas para los primeros 4 meses de 2021 no están representando una expectativa de rentabilidad bajo los escenarios prospectivos del estudio de 2015 a 2020.

Referencias

- Alqisie, A., & Alqurran, T. (2016). Validity of Capital Assets Pricing Model (CAPM) (empirical evidence from Amman Stock Exchange). *Journal of Management Research*, 8(1), 207- 223.
- Ayús, A.L.T., Arrieta, I.E.C., & Ensuncho, A.M. (2017). Metodología de Cálculo del Beta: Beta de los Activos, Beta Apalancado y Beta Corregido por Cash. *Revista Espacios*, 38(34), 15-35.
- Black, F. (1972). Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing. *The Journal of Business*, 4(5), 444-454.
- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2004). *Principios de inversiones*. McGraw-Hill.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción CONCRET*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción GRUPO ARGOS*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción EL CONDOR*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción PFCEMARGOS*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción PFGRUPOARG*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción CEMARGOS*.
- Bolsa de Valores de Colombia (2022). *Renta variable - Acción PAZRIO*.
- Brealey, R.A., Myers, S.C., Allen, F., & Krishnan, V. S. (2006). *Corporate finance* (Vol. 8). Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Breeden, D. T. (1979). An intertemporal asset pricing model with stochastic consumption and investment opportunities. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 265-296.
- Caro, A.M., & Rey, D.N. (2016). *Aplicación del modelo CAPM al índice bursátil COLCAP para analizar el tipo de relación entre riesgo y rendimiento en épocas de volatilidad para los periodos 2008 y 2014-2015*. (Trabajo de grado), Universidad de la Salle, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2022a). *Mercado laboral – Empleo y desempleo*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2022b). *Producto Interno Bruto -PIB- nacional trimestral*.
- Esteban, M.V. (2008). Modelos de valoración de activos: estimación y contraste. *Sarriko-On*, 2(8), 1-

- Fama, E.F., & French, K.R. (1996). Multifactor explanations of asset pricing anomalies. *The Journal of Finance*, 51(1), 55-84.
- Fama, E.F., & MacBeth, J.D. (1973). Risk, return, and equilibrium: Empirical tests. *Journal of Political Economy*, 81(3), 607-636.
- Fernández, P. (2014). CAPM (Capital Asset Pricing Model): un modelo absurdo. *SSRN Electronic Journal*, 1-16.
- Fernández, C., Baptista, P., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Gimeno, M. (2014). *Evolución del modelo CAMP a lo largo de la historia de la economía financiera* (Trabajo de grado), Universidad Pontificia Comillas, España.
- Gómez, C., & García, M. (2011). Supuestos Implícitos en la Utilización de Capital Assets Pricing Model CAPM para el Cálculo del Costo de Capital Propio-Equity. *Revista Documentos de doctorado*, 1, 1-26.
- Hassan, A. R., & Rodríguez, M.S. (2012). Validación empírica del modelo CAPM para Colombia 2003-2010. *Ecos de Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 16(34), 49-74.
- Khan, M.I., Gul, M., Khan, N.M., & Nawaz, B. (2012). Assessing and testing the Capital Asset Pricing Model (CAPM): a study involving KSE-Pakistan. *Global Journal of Management and Business Research*, 12(10), 33-38.
- Larios, J.F., Josuéz, V., & Quineche, R. (2014). *Fundamentos de econometría: teoría y problemas*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Lintner, J. (1965). Security prices, risk, and maximal gains from diversification. *The journal of finance*, 20(4), 587-615.
- Lucas, R.E. (1978). Asset Prices in an Exchange Economy. *Econometrica*, 4(6), 1429- 1446.
- Mancera, M. I. (2021). *Análisis de la volatilidad accionaria de entidades bancarias de Colombia en el periodo 2011-2020*. (Trabajo de grado). Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia.
- Markowitz, H. (1952). The utility of wealth. *Journal of Political Economy*, 60(2), 151-158.
- Martínez, C.E., Ledesma, J.S., & Russo, A.O. (2013). Particularidades del modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM) en mercados emergentes. *Análisis financiero*, 1(21), 37-47.
- Martínez, L.I. (2021). *Modelos de Valoración de Activos Financieros*. (Trabajo de grado) Universidad Pontificia de Comillas, España.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 34(4), 768-783.
- Motta, J.P. (2012) *Validación del modelo CAPM en los mercados de valores de América Latina (2007-2012) y evaluación de otros modelos alternativos*. (Trabajo de grado) Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

- Nikolaos, L. (2009). An empirical evaluation of CAPM's validity in the British stock exchange. *International Journal of Applied Mathematics and Informatics*, 3(1), 1-8.
- Padrón, Y.G., & Boza, J.G. (2005). El Modelo CAPM a través de los tiempos revisión de la evidencia empírica. *Ciencia y sociedad*, 30(3), 411-437.
- Perilla, E.E. (2008). *Aplica el modelo CAPM en el caso colombiano validación empírica y su pertenencia para Colombia*. (Trabajo de grado) Universidad de la Salle, Colombia.
- Rodríguez, W. K., y Maturana, C. L. (2010). Comparación de modelos de predicción de retornos accionarios en el Mercado Accionario Chileno: CAPM, FAMA Y FRENCH Y Reward Beta. *EconoQuantum*, 7(1), 119-138.
- Ross, S. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341-360.
- Rubio, F. (1987). *Capital Asset Pricing Model (CAPM) y Arbitrage Pricing Theory (APT) una nota técnica* (Trabajo de grado). Universidad Valparaíso, Chile.
- Rubinstein, M. (1976). The valuation of uncertain income streams and the pricing of options. *The Bell Journal of Economics*, 7(2), 407-425.
- Sharpe, W. F. (1991). Capital asset prices with and without negative holdings. *The Journal of Finance*, 46(2), 489-509.
- Tovar-Vásquez, D.M. (2021). Betas por sectores de las entidades que componen el COLCAP del año 2019. (Trabajo de grado) Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Valverde, J., & Caicedo, F. (2020). Cálculo de las betas del Capital Asset Pricing Model como indicador de rentabilidad de las empresas vinculadas a la bolsa de valores de Ecuador. *Revista Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(107), 79-87.
- Velandia, C.C., & Pertuz, R.D.J.M. (2011). Comportamiento sectorial del mercado de renta variable en Colombia: una aplicación del modelo CAPM. *Economía & Región*, 5(1), 109-144.

Anexo 1

	PAZRIO	ICOLCAP
1	-18,52%	0,57%
2	-9,09%	-0,28%
3	-10%	1%
4	22,2%	0%
5	0,14%	-0,90%
6	6,99%	1,09%
7	6,67%	0,40%
8	-2,63%	0%
9	41,21%	0,78%
10	-7,27%	1,45%
11	-11,76%	0,33%
12	-11,11%	1,10%
13	12,50%	-1,19%
14	-11,11%	0,27%
15	-23,75%	1,66%
16	6,56%	0%
17	7,69%	0,50%
18	14,43%	-0,01%
19	1,12%	0,61%
20	-1,23%	-0,14%
21	5%	-0,64%
22	4,76%	0,79%
23	-9,09%	0,97%
24	-18,75%	0,01%
25	5,38%	0,43%
26	-12,41%	0,72%
27	-16,67%	-1,13%
28	51,20%	0,33%
29	-14,02%	0,98%
30	16,31%	-0,30%
31	5,82%	0,10%
32	12,50%	0,31%
33	33,33%	-0,50%
34	21,67%	1,18%
35	-24,66%	0,50%
36	9,09%	1,97%
37	-16,97%	-0,08%
38	10%	-0,05%
39	26,36%	-0,59%
40	-12,95%	0,67%
41	0,83%	0,01%
42	15,57%	0,16%
43	-7,09%	-0,21%
44	5,34%	-0,01%
45	1,45%	-1,05%
46	0,71%	-0,62%
47	-6,38%	0,03%
48	-39,62%	3,97%

Fuente: Elaboración propia.



The influence of corporate characteristics and Good Corporate Governance toward the risk management disclosure

EVANA, EINDE

University of Lampung (Indonesia)*

Correo electrónico: eindeevana@yahoo.co.id

WIDIYANTI, ADE*

Correo electrónico: adew93@yahoo.com

AGUSTINA, YENNI*

Correo electrónico: yenni_shofa@yahoo.co.id

FUADI, RAIDA

University of Syiah Kuala, Banda Aceh (Indonesia)

Correo electrónico: raidafuadi@yahoo.com

MIRFAZLI, EDWIN*

Correo electrónico: mirfazli@yahoo.co.id

SAN-JOSÉ, LEIRE

Universidad del País Vasco (UPV/EHU) (España)

Correo electrónico: leire.sanjose@ehu.eus

ABSTRACT

This research study aims to obtain empirical evidence to the influence of company characteristics (firm size, profitability, leverage and liquidity) and good corporate governance (audit committee, board size, and public ownership structure) toward the risk management disclosure. This research study uses the Index of Enterprise Risk Management (IERM) as the parameter of risk management disclosure. This research study uses secondary data, the population of Property and Real Estate companies listed on the Indonesia Stock Exchange (IDX) in 2013-2015. The sampling technique was conducted using purposive sampling, which produces 70 listed companies' samples during the years of observation. The analytical method of this study uses multiple regression analysis of Econometric views 8. This research study concludes that partial testing shows that firm size, audit committees and board size are positively and significantly related to risk management disclosure. Profitability, leverage, liquidity have no significant influence on risk management disclosure. Hypothesis testing uses

multiple linear regressions. Data are obtained using Eviews version 8 software application. Data analysis model done with multiple regression model aiming to examine the influence of audit committee size, board of commissioner size, firm size, profitability, and leverage toward risk management disclosure

Based on the research study result that has been analyzed statistically using multiple linear regressions, it can be concluded that variables of firm size, leverage, audit committee, and board of commissioner size positively and significantly affect corporate risk management disclosure. Meanwhile, variables of profitability, liquidity, and public ownership do not positively and significantly affect risk management disclosure.

Keywords: risk management disclosure; company characteristics; good corporate governance; audit committee; board size and public ownership structure; index enterprise risk management.

JEL classification: M49.

MSC2010: 62P07.

Artículo recibido el 10 de agosto de 2021 y aceptado el 9 de agosto de 2022

La influencia de las características corporativas y el buen gobierno corporativo hacia la divulgación de la gestión de riesgos

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo obtener evidencia empírica de la influencia de las características de las empresas y el buen gobierno corporativo hacia la divulgación de la gestión de riesgos. Esta investigación utiliza el Índice de Gestión de Riesgos Empresariales (IERM) como parámetro de divulgación de la gestión de riesgos. Esta investigación utiliza datos secundarios, la población de empresas inmobiliarias y inmobiliarias que cotizan en la Bolsa de Valores de Indonesia (IDX) en 2013-2015. La técnica de muestreo se realizó mediante un muestreo intencional, que produce muestras de 70 empresas cotizadas durante los años de observación. El método analítico utiliza análisis de regresión múltiple. La prueba de hipótesis utiliza regresiones lineales múltiples. Modelo de análisis de datos realizado con un modelo de regresión múltiple con el objetivo de examinar la influencia del tamaño del comité de auditoría, el tamaño de la junta de comisionados, el tamaño de la empresa, la rentabilidad y el apalancamiento hacia la divulgación de la gestión de riesgos. El resultado de la investigación que ha sido analizado estadísticamente utilizando regresiones lineales múltiples, puede concluir que las variables de tamaño de la empresa, apalancamiento, comité de auditoría y tamaño de la junta de comisionados afectan positiva y significativamente la divulgación de la gestión de riesgos corporativos. Por su parte, las variables de rentabilidad, liquidez y titularidad pública no afectan positiva y significativamente la divulgación de la gestión de riesgos.

Palabras clave: divulgación de la gestión de riesgos; características de la empresa; buen gobierno corporativo; Comité de Auditoría; tamaño de la junta y estructura de propiedad pública; índice de gestión de riesgos empresariales.

Clasificación JEL: M49.

MSC2010: 62P07.



1. Introduction

Global monetary crisis occurring because of the failure of housing loans payment in 2008 in the United States of America created many difficulties in business world (Sulistyaningsih & Gunawan, 2016). The effect of economic crisis in 2008 in the United States of America occurred in Indonesia in 2013, where the rupiah exchange rate fell around 15%, so it became the indicator of foreign portfolio investment exit from Indonesia (indoprogress.com). The crisis indicates how important risk management implementation in a company (Sulistyaningsih & Gunawan, 2016).

The importance of risk management disclosure in Indonesia encourages regulator agency to make regulation which is the regulation form financial service authority number 1/POJK.05/2015 about Risk Management Implementation for Non-Banking Financial Service Agency listing the statement that more complicated risk needs to be compensated with the risk management implementation including identification, measurement, monitoring, and controlling of risk. In globalization era that is vulnerable to global monetary crisis, it pushes policy makers or regulators to develop their policy on risk management. Some regulations of risk management have been formed leading to financial companies. Meanwhile, non-financial company also needs special regulation on risk management so that it is not vulnerable in following business development that is more complex. According to Wardhana and Cahyonowati (2013), other regulation is that financial company is required to disclose the presence of risk management committee, while non-financial company is only to suggestion.

Different corporate characteristics between one company and another company can create different risk disclosure practices. It is because each company has different financial ability, obstacles, and problems that can make the company to have each preference about the coverage of risk disclosure. Corporate risk management disclosure is a part from the implementation of Good Corporate Governance (GCG). The process of Good Corporate Governance is done through the management based on the principle of transparency, accountability, responsibility, independency, as well as fairness and equality. The variables of audit committee and the size of commissioner board have important roles in Good Corporate Governance. In the perspective of risk management disclosure, the number of board of commissioners and the number of audit committee can affect wide risk information presentation. It is because of the important role of board of commissioners and audit committee in corporate information presentation especially about corporate risk management (Rahmawati et. al, 2018). Property and Real Estate company is the sample of study because there is DIRE publishing (Dana Investasi Real Estate - Real Estate Investment Fund) that can be the indication of risk enhancement in the company.

Based on the description of above background, the writer conducted a study entitled "The Influence of Corporate Characteristics and Good Corporate Governance toward Risk Management Disclosure at Property and Real Estate Companies Listed on Indonesia Stock Exchange in 2015-2017". Based on the above background, a research problem is formulated on how the influence of corporate characteristics and GCG toward corporate risk disclosure. This study measures the risk management disclosure using enterprise risk management index with 108 items of risk management disclosure.

2. Theoretical framework and hypothesis development

2.1. Agency Theory

Agency theory explains that organization is a contractual relation networking between manager (agent) and the owner of economic resources (Jensen et al.,1976). In the perspective of risk management disclosure, agency theory is used to understand that manager as corporate manager will certainly know more internal information and corporate prospect in the future compared to the owner. It causes the occurrence of information asymmetry between both of them, especially the one that is disadvantage for the owner (Mubarak & Rohman, 2013).

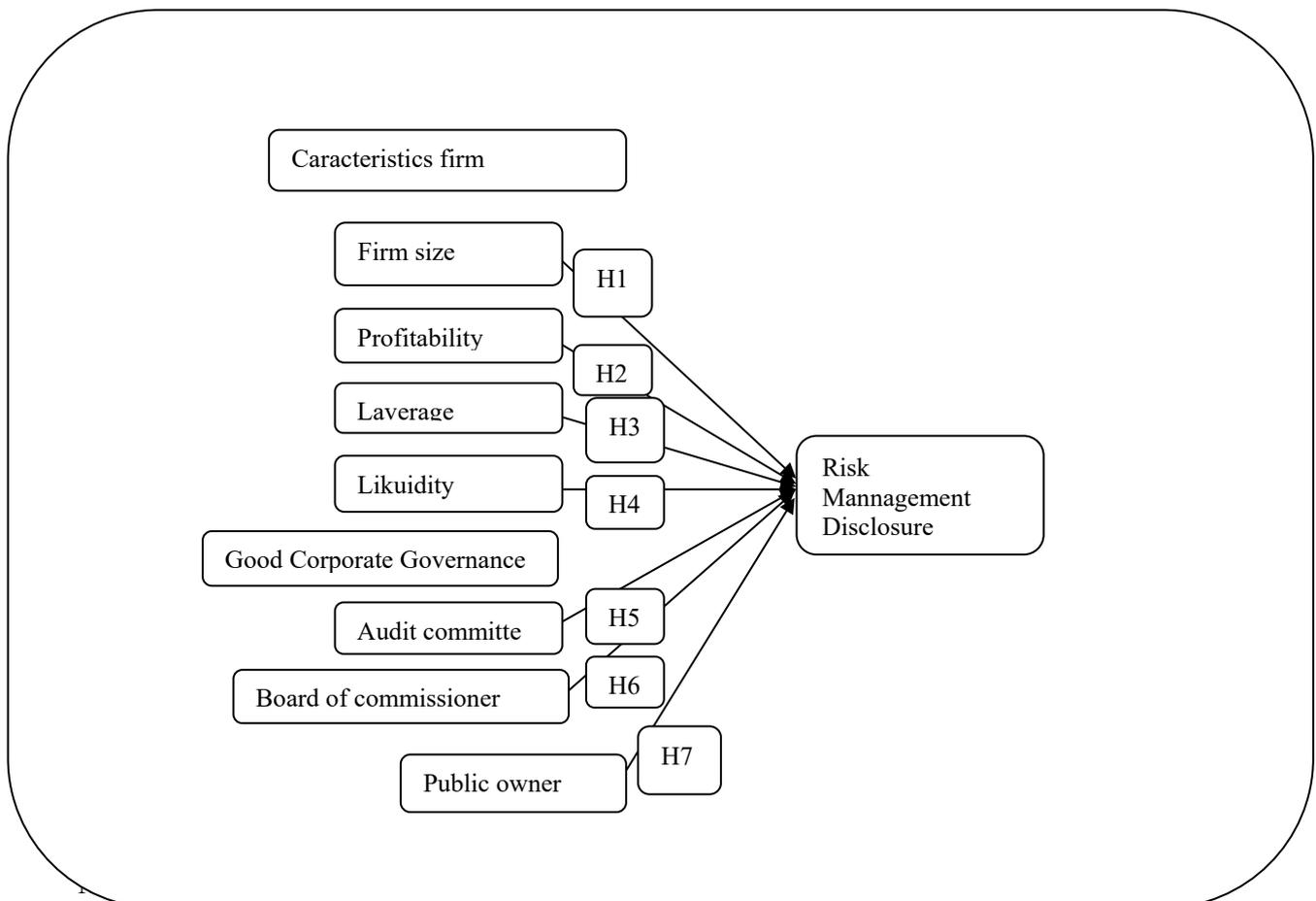
2.2. Signalling Theory

Signalling theory is a theory about information delivery from manager to concerned parties (investor or creditor). If it is in the perspective of corporate risk disclosure, signaling theory can explain how manager must give adequate information on the risk that will be faced by company. Information disclosure on the risk adequately to the owner is a good signal (good news) for the company (Valentinovna, 2018). In contrary, when manager does not disclose information on the risk inadequately, it will be a bad signal (bad news) for the company.

2.3. Risk Management Disclosure

Risk management is a process monitored periodically and sustainably by internal parties who have the authority, by formulating applied organizational strategy in corporate operational activity that is adjusted to each risk faced by company. Risk management is also designed for potential condition that can disturb the achievement of corporate goal. In the study of Kristiono (2014), stated that risk disclosure is a company's effort to inform report users on what threatens the company, so it can be a considering factor in decision making.

Figure 1. Hypotesis Design.



Source: Own elaboration.

2.4. The Influence of Firm Size toward Risk Management Disclosure

Big firm size will disclose more information compared to small firm (Mubarok & Rohman, 2013). Company with big size in this study uses asset total proxy. It means that the higher asset total of company, the more investors will put capital in the company. Therefore, it is predicted to be able to encourage company's manager to disclose wider risk information. Based on the explanation, the hypothesis that can be proposed is:

H1: Firm size positively affects risk management disclosure.

2.5. The Influence of Profitability toward Risk Management Disclosure

Profitability of a company can measure the achievement of a company in obtaining profit. High level of profitability can be assumed that the company is able to manage financial risk well. It can affect badly if it is with high level of profitability but the information about the risk or corporate risk management disclosure is not presented completely. Therefore, the importance of wide risk management disclosure is for high corporate profitability. Based on the explanation, the researcher can take the hypothesis as the following:

H2: Profitability positively affects risk management disclosure.

2.6. The Influence of Leverage toward Risk Management Disclosure

Leverage is one variable that can affect risk disclosure. Studies on leverage level toward risk disclosure find different results. The study from Oliveira et al. (2011) found that leverage level significantly affects risk disclosure. Company with high debt level tends to be very vulnerable, more speculative, and more risky, so creditor has bigger power in financial structure in the company that is stated by Oliveira et al. (2011). Based on the explanation, the hypothesis that can be proposed is:

H3: Leverage positively affects risk management disclosure.

2.7. The Influence of Liquidity toward Risk Management Disclosure

Ruwita (2013) stated that high level of liquidity will show the strong financial condition of company in fulfilling its short-term obligation. The stronger financial condition of company in fulfilling its short-term obligation is followed by the higher risk. Based on the explanation that high liquidity ratio can push management of company in conducting information disclosure on risk management that is wider. Based on the explanation, the research hypothesis that can be proposed is:

H4: Liquidity positively affect risk management disclosure.

2.8. The Influence of Audit Committee toward Risk Management Disclosure

Audit committee is a committee formed by board of commissioners to help them in conducting their tasks. Audit committee is for helping board of commissioners in inspection toward board of directors as well as conducting supervision toward financial reporting process. Thus, the bigger size of audit committee, the more supervision conducted on the width of information disclosed in annual report. Based on the above explanation, the hypothesis that can be proposed is the following:

H5: Audit committee positively affects risk management disclosure.

2.9. The Influence of Board of Commissioners Size toward Risk Management Disclosure

Board of commissioners as part of company is in charge and responsible collectively for conducting supervision and giving advice to directors as well as ensuring that company conducts GCG (KNKG,

2006). In the perspective of risk management disclosure, the number of board of directors can affect wide risk information presentation. Sulistyaningsih and Gunawan (2016), the bigger proportion of the number of commissioner board member has advantage of monitoring capacity and increasing information giving, so it is expected to able to increase the quality of risk management disclosure (Nurdiono et al., 2019). Board of commissioners in risk management can prevent the presence of hidden information indication by conducting effective supervision. Effective supervision meant is with the principle of GCG in conducting their duty. If it is associated with the issue of agency theory, it can reduce the risk of information asymmetry that can increase corporate risk information quality. Therefore, the researcher can take the research hypothesis as the following:

H6: Board of commissioners size positively affects risk management disclosure.

2.10. The Influence of Public Ownership toward Risk Management Disclosure

Public ownership gives pressure to company's management in order to be able to conduct wide information disclosure especially in term of risk. The study on the influence of public ownership toward risk disclosure previously was done by Ruwita (2013) finding that there is no significant influence from public ownership toward corporate risk disclosure. Meanwhile, the study of Sulistyaningsih and Gunawan (2016) found that public ownership positively affects risk management disclosure. The more shares owned by public, the more parties need risk information faced by company (Jones et al., 2018). This condition will be followed by bigger pressure to disclose information of risk faced by company (Ruwita, 2013). Based on the explanation, the hypothesis that can be proposed is:

H7: Public ownership positively affects risk management disclosure.

3. Research Method

Population in this study is Property and Real Estate companies listed on Indonesia Stock Exchange (IDX) in 2015-2017. The sampling method in this study is purposive sampling method. The criteria used to choose sample are as the following:

1. Property and Real Estate companies listed on Indonesia Stock Exchange in 2015-2017 (www.idx.com)
2. Property and Real Estate companies disclosing corporate risk management.
3. Property and Real Estate companies presenting information on complete financial instruments and corporate governance in annual report in accordance with independent variable of study.
4. Property and Real Estate companies presenting positive NPM (Net Profit Margin) information.

The population of companies obtained is as many as 132 companies and the total sample is 70 property and real estate companies in 3 years. Research data are from Indonesia Stock Exchange (IDX) through the official website of the company: www.idx.co.id. Those data are obtained from annual report of Property and Real Estate companies listed on Indonesia Stock Exchange (IDX) in 2015-2017.

Dependent Variable of Study

Dependent variable in this study is risk management disclosure denoted in this model of study as (IERM). Risk management disclosure is calculated using Enterprise Risk Management (ERM) index of framework issued by COSO with 108 items divided into 8 dimensions, which are: internal environment, goal determination, identification of events, risk evaluation, response on risk, information and communication supervising activity, and monitoring (Desender, 2007). Item disclosed is given score 1,

and if it is not disclosed is given score 0, then, it is calculated based on the index. The formula used to calculate ERM (Enterprise Risk Management) index is:

$$\text{IERM} = \frac{\text{the number of disclosed item}}{108}$$

Independent Variable of Study

1. Firm Size

In the research model, firm size is denoted as FS (Firm Size). Firm size is measured by calculating natural logarithm (Ln) of total asset. The number of corporate total asset can be seen on corporate balance sheet in corporate financial report. The formula used in the calculation of total asset is:

$$\text{Firm Size} = \text{Ln (Total Assets)}$$

2. Profitability

Profitability is measured using NPM (Net Profit Margin) ratio because the relation between net profit and net sales shows the ability of management in running the company with the success to leave certain margin as normal compensation for the owner who has provided his capital for a risk. Net profit margin is used to describe the ability of company in earning net profit on each certain sales level done (Ruwita, 2013). Profitability level is formulated as the following:

$$\text{NPM} = \frac{\text{profit after tax}}{\text{net sales}}$$

3. Leverage

In the research model, leverage is denoted as DAR (Debt Asset Ratio). Leverage is said a ratio stating the relation between debt and total capital or corporate asset (Sulistyaningsih and Gunawan, 2016). Debt Asset Ratio is used for leverage measurement proxy because high ratio value shows the increase of risk for creditor in term of corporate inability in paying corporate debt. The formula used is:

$$\text{DAR} = \frac{\text{total obligations}}{\text{total assets}}$$

4. Liquidity

Liquidity level proxy in the research model is CR (Current Ratio) (Ruwita, 2013). Current Ratio is used to describe the ability of company in paying short-term debt using corporate current assets. The formula of Current Ratio (CR) is:

$$\text{CR} = \frac{\text{Current Assets}}{\text{Current Liability}}$$

5. Audit Committee

Board of commissioner performance in conducting supervision will be better with the presence of good audit committee performance. Therefore, with bigger audit committee size, the bigger supervision done on the width of information disclosed in annual report (Utomo & Chariri, 2014). In the research model, audit committee proxy is denoted as KA (Audit Committee). Audit committee is measured based on the number of audit committee members in company. The number of audit committee members is presented in corporate annual report.

$$\text{KA} = \text{the number of audit committee members}$$

6. Board of Commissioner Size

Board of commissioner size in the research model is denoted as UDK (Board of Commissioner Size). The proxy used to measure UDK is by using the proportion of the number of board of commissioners in the company. Board of commissioner size is the part of corporate governance presented as the information of corporate governance in annual report.

$$\text{UDK} = \text{The number of Board of Commissioner member}$$

7. Public Ownership

In the research model, the proxy of public ownership is denoted as KPB (Public Ownership). Public ownership is measured based on the number of public shares compared to the total outstanding shares. Information related to public ownership is presented as corporate governance information in annual report. The more shares owned by public, the more parties need the information of risk faced by company. This condition will be followed by bigger pressure to disclose the information of risk faced by company (Ruwita, 2013).

$$\text{KPB} = \text{The number of public shares} / \text{The total outstanding shares}$$

Data Analysis Model

Hypothesis testing uses multiple linear regressions. Data are obtained using version 8 software Econometric Views (Eviews) application. Data analysis model done with multiple regression model aiming to examine the influence of audit committee size, board of commissioner size, firm size, profitability, and leverage toward risk management disclosure, in this study is as the following:

$$\text{IERM} = \alpha_0 + \beta_1 \text{FS} + \beta_2 \text{NPM} + \beta_3 \text{DAR} + \beta_4 \text{CR} + \beta_5 \text{KA} + \beta_6 \text{UDK} + \beta_7 \text{KPB} + \varepsilon$$

where:

IERM: risk management disclosure;
FS: firm size;
NPM: profitability;
DAR: leverage;
CR: liquidity;
KA: audit committee;
UDK: board of commissioner size;
KPB: public ownership;
 α_0 : constant;
 $\beta_1 \dots \beta_7$: regression coefficient;
 ε : error term.

4. Result and discussion

Classic Assumption Test

This study has been freed from normality test, multicollinearity test, heteroscedacity test, and autocorrelation test. Normality tests of normally distributed data use jarque bera test and residual histogram obtaining estimation result with statistic value of 2.663027, while chi squares value with $\alpha = 5\%$ and $df=2$ of 5.9915. Therefore, with JB test of $2.663027 < \text{chi squares } 5.9915$, it can be concluded the residual has normal distribution.

Hypothesis Test

Table 1. The Result of Multiple Linear Regressions.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.428883	1.290133	-1.107547	0.2756
FS	0.069449	0.039094	1.776478	0.0843
NPM	-0.040590	0.091532	-0.443453	0.6602
DAR	0.113584	0.219991	0.516314	0.0289
CR	-0.015161	0.007745	-1.957543	0.0583
KA	0.098810	0.036412	2.713666	0.0103
UDK	0.026671	0.012022	2.218482	0.0331
KPB	-0.537649	0.213987	-2.512529	0.0167

Effects Specification			
Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.916349	Mean dependent var	0.687963
Adjusted R-squared	0.835088	S.D. dependent var	0.120493
S.E. of regression	0.048931	Akaike info criterion	-2.889946
Sum squared resid	0.083800	Schwarz criterion	-1.765699
Log likelihood	136.1481	Hannan-Quinn criter.	-2.443381
F-statistic	11.27661	Durbin-Watson stat	2.798471
Prob(F-statistic)	0.000000		

Source: Output Eviews 8.

The result of Eviews 8 above, it can be seen that the value of *adjusted R²* is 0.835088 or 83.5%, so it can be concluded that the ability of independent variable in explaining independent variables gives almost all information needed to predict dependent variable, the remain of 16.5% is in other factors that affect Enterprise Risk Management Index that cannot be explained by independent variables in this study. Based on the result of F statistic testing, it shows the probability value (F-statistic) of 0.000000 that is lower than the significance level of 0.05, so it can be concluded that the regression model in this study is feasible to be used.

Significance testing of individual parameter (t test) is done by comparing between t-count and t-table. To obtain t-table, this study uses df (degree of freedom) of 62 obtained from the formula of $df = n - k - 1$ (70 - 7 - 1), so it obtained t-table of 1.670 at the significance level of 5% and it obtained t-table of 1,296 at the significance level of 10%.

The Influence of Firm Size toward Corporate Risk Management Disclosure

Based on the hypothesis testing presented on Table 1, it shows that the first hypothesis stating that firm size positively affects corporate risk management disclosure has t-count value of 1.776478 and t-table of 1.296, so t-count value is bigger than t-table with probability value of 0.0843 smaller than significance value of 0.10. Therefore, the test result of H_1 shows that firm size affects corporate risk management disclosure, so **H_1 is supported.**

The firm size is proxied with corporate total assets meant in the above statement that one of resources of the company is from its total assets. Moreover, relatively big company has high risk in terms of financial, operational, reputation, regulation, to information. Therefore, the big company will tend to conduct disclosure to maintain its reputation in order to be able to increase trust from stakeholders.

The Influence of Profitability toward Corporate Risk Management Disclosure

The second hypothesis (H_2) in this study states that profitability positively affects corporate risk management disclosure. Based on the hypothesis testing result on Table 1, t-count resulted is -0.443453 and t-table is 1.670, so t-count value resulted is smaller than t-table with probability value of 0.6602 bigger than significance value of 0.05. Therefore, the test result of H_2 shows that there is no influence between profitability toward corporate risk management disclosure, so **H_2 is not supported**. The result means that the margin from corporate profit does not have influence toward corporate risk management disclosure.

The Influence of Leverage toward Corporate Risk Management Disclosure

The third hypothesis (H_3) in this study is that leverage positively affects corporate risk management disclosure. The result of hypothesis testing on Table 1 shows t-count value of 0.516314 and t-table of 1.670, so t-count value resulted is smaller than t-table value with probability value of 0.0289 bigger than significance value of 0.05. Therefore, the test result of H_3 shows that there is influence of leverage level toward corporate risk management disclosure, so **H_3 is supported**.

The result that is significant might occur because creditor is able to obtain information of risk faced by company easily through loan giving procedure (Wardhana & Cahyonowati, 2013). Therefore, the creditor has been previously given more information that is directly related to the risk that will be faced by company, so with adequate information of corporate risk, it does not have to disclose risk management more.

The Influence of Liquidity toward Corporate Risk Management Disclosure

The fourth hypothesis (H_4) in this study is the influence of liquidity toward corporate risk management disclosure. Based on the hypothesis test result on Table 1, it shows that the result of t-count is -1.957543 and t-table is 1.670, so the value of t-count resulted is smaller than the value of t-table with probability value of 0.0583 bigger than the significance value of 0.05. Therefore, the testing result of H_4 shows that there is no influence of liquidity level toward corporate risk management disclosure, so **H_4 is not supported**.

Negative and not significant influence in the study is because the company with high liquidity ratio will tend to disclose risk less. If it is related to the agency theory, there is indication that corporate management does not disclose all information with the purpose to maximize its interest. According to Alsaed (2006), the level of liquidity owned by company is considered only as the benchmark in order to evaluate corporate performance and corporate ability in paying its short-term debt. Therefore, the level of liquidity owned by company does not relate to corporate risk disclosure.

The Influence of Audit Committee toward Corporate Risk Management

The fifth hypothesis (H_5) in this study is the influence of audit committee toward corporate risk management disclosure. Based on the hypothesis testing result on Table 1, it shows the result of t-count of 2.713666 and t-table of 1.670, so the value of t-count resulted is bigger than the value of t-table with probability value of 0.0103 smaller than the significance value of 0.05. Therefore, the testing result of H_5 shows that there is influence from audit committee toward corporate risk management disclosure, so **H_5 is supported**.

Audit committee as supporting committee to board of commissioners has an important role in implementing GCG, one of them is in preventing manipulating practice on risk management disclosure. Utomo and Chariri (2014) in their study stated that board of commissioner performance in conducting supervision will be better with the presence of good audit committee performance. Therefore, with bigger audit committee size, there will be bigger supervision done on wide information disclosed in annual report.

The Influence of Board of Commissioner Size toward Corporate Risk Management Disclosure

The sixth hypothesis (H_6) in this study is the influence of board of commissioner size toward corporate risk management. Based on the testing result of hypothesis on Table 1, it shows that the result of t-count is 2.218482 and t-table is 1.670, so the value of t-count resulted is bigger than the value of t-table with probability value of 0.0331 smaller than the significance value of 0.05. Therefore, the testing result of H_6 shows that there is influence from board of commissioner size toward corporate risk management disclosure, so **H_6 is supported.**

Based on the result, it can be proven empirically that the number of board of commissioners can be the benchmark in corporate risk management disclosure. In their study, Sulistyaningsih and Gunawan (2016) explained that the bigger proportion of the number of commissioner board, it will increase the capacity of monitoring and information giving so that it will increase the quality of risk management disclosure because the number of commissioner board enable company not to be dominated by management in conducting its task more effectively.

The Influence of Public Ownership toward Corporate Risk Management Disclosure

The seventh hypothesis (H_7) in this study is the influence of public ownership toward corporate management disclosure. Based on the result of hypothesis testing on Table 1, it shows that the result of t-count is -2.512529 and t-table is 1.670, so the value of t-count resulted is smaller than t-table with probability value of 0.0167 smaller than the significance value of 0.05. Therefore, the testing result of H_7 shows that there is no influence from public ownership toward corporate risk management disclosure, so **H_7 is not supported.**

Company that has high percentage of public ownership has indication of the presence of pressure in disclosing wider information, one of them is in risk management disclosure. However, on the other side, effective management tends to be more selective in conducting information disclosure, and it is because information disclosure contains cost. In their study, Ruwita and Harto (2013) stated that management will only disclose information if the advantage obtained from the disclosure is more than the cost of the information disclosure, so the high and low of public ownership does not affect corporate risk disclosure.

Multicollinearity test uses VIF method resulting that all independent variables which are FS, NPM, DAR, CR, KA, UDK, and KPB have VIF value < 10. Based on that, it can be concluded that regression equation in this study is freed from multicollinearity problem. The result of heteroscedacity test with white method obtained counted chi-square of 8.10 obtained from the information of $Obs \cdot R$ -square (the number of observations multiplied by determinant coefficient) that its result is smaller than chi-square table at the significance level of 5% and df as many as independent variables of study is 14.07, so it can be concluded that there is no heteroscedacity problem in the tested study.

Based on the result of autocorrelation test obtained, it has fulfilled the requirement of DW test criterion which is $4 - d_L < d < 4$, with $(4 - d_L)$ equal to $(4 - 1.80245) = 2.56738$ less than the value of $DW(d)$ of 2.798471 and the value of $DW(d)$ less than 4, so it can be concluded that there is autocorrelation problem in the tested regression model. After it was found that there is autocorrelation problem, white method is used to eliminate the autocorrelation problem in the regression model. White method is done by changing coef covariance method in panel option into white-cross section, so it changes regression equation into new regression equation that has been freed from autocorrelation

problem.

5. Conclusion and suggestion

This study aims to analyze the influence and to give empirical evidence from corporate characteristics (firm size, profitability, leverage, and liquidity) and Good Corporate Governance (audit committee, board of commissioner size, and public ownership) toward corporate risk management disclosure proxied with Enterprise Risk Management Index (IERM) on Property and Real Estate companies in 2015-2017. Based on the study result that has been analyzed statistically using multiple linear regressions, it can be concluded that variables of firm size, leverage, audit committee, and board of commissioner size positively and significantly affect corporate risk management disclosure. Meanwhile, variables of profitability, liquidity, and public ownership do not positively and significantly affect risk management disclosure.

Based on the limitation of study, there are suggestions that can be given to the next study as the following:

1. The next study is suggested to expand the object of study and extend the period of observation, so it can develop and improve the study result from varied types of company on corporate risk management disclosure.
2. The next study is suggested to be able to test the significance of industrial sector, so the level of risk management disclosure with Enterprise Risk Management Index (IERM) on each industrial sector can be known, so it is expected to be able to increase the result from the study.

References

- Abraham, S., & Cox, P. (2007). Analysing the Determinants of Narrative Risk Information in UK FTSE 100 Annual Reports. *The British Accounting Review*, 39, 227-248.
- Amran, A., Rosli, A.M., & Che, M.H. (2009). Risk Reporting: An Exploratory Study on Risk Management Disclosure in Malaysian Annual Reports. *Managerial Auditing Journal*, 24(1), 39-57.
- Alsaeed, K. (2006). The association between firm-specific characteristics and disclosure. *Managerial Auditing Journal*, 21(5), 476-496.
- Committee of Sponsoring Organizations (COSO) (2004). *Enterprise Risk Management - Integrated Framework. Executive Summary*.
http://www.coso.org/documents/coso_erm_executivesummary.pdf
- Desender, K. (2007). On the determinants of enterprise risk management implementation. *Information Resources Management Association Annual Meeting Paper*, 49-67.
- Dobler, M. (2008). Incentives for risk reporting: a discretionary disclosure and cheap talk. *The International Journal of Accounting*, 43(1), 184-206.
- Elzahar, H., & Hussainey, K. (2012). Determinants of narrative risk disclosure in UK interim reports. *The Journal of Risk Finance*, 13(2), 133-147.
- KNKG (Governance Policy National Committee). (2006). *GCG General Guidelines Indonesia, Jakarta*, 49-75.

- Jensen, M.C., & Meckling, W.H. (1976). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Cost, and Ownership Structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305-360.
- Jones, P., & Comfort, D. (2018). Sustainable Consumption and the Leading US Retailers. *Indonesian Journal of Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 1(1), 1-15.
- Kristiono, K. et al. (2014). The Influence of Ownership Structure, Capital Structure and Company Size on Risk Management Disclosure in Banking Companies Listed on the Indonesia Stock Exchange. *Online Journal of Students of the Faculty of Economics, University of Riau*, 1(2), 29-37.
- Mubarok, M.A., & Rohman, A. (2013). Effect of company characteristics and corporate governance mechanism on risk disclosure in interim financial reports (Empirical studies on non-financial companies listed on the Indonesia Stock Exchange). *Diponegoro Journal of Accounting*, 0, 879-833.
- Nurdiono, N. et al. (2019). CSR disclosure impact on corporate market performance of Indonesia listed Companies (ID) in trade sectors. *Academy of Accounting and Financial Studies Journal*, 23(1), 1-9.
- Oliveira, J., Lima, L., & Craig, R. (2011). Risk-related disclosures by nonfinance companies. *Managerial Auditing Journal*, 26(9), 817-839.
- Rahmawati, R. et.al. (2018). Solo Creative City Network: Development of Household Waste Creative Industry as Market Engine of Tourism Industry. *Indonesian Journal of Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 1(1), 16-28.
- Ruwita, C., & Harto, P. (2013). Analysis of influence of corporate and corporate governance characteristics on corporate risk disclosure (Empirical study of manufacturing companies listed on the Indonesia Stock Exchange). *Diponegoro Journal of Accounting*, 0, 484-496.
- Sulistyaningsih, S. & Gunawan, B. (2016). Factors Analysis impact to Influence Risk Management Disclosure. *Accounting Research and Indonesian Finance*, 1(1), 29-54.
- Utomo, Y., & Chariri, A. (2014). Determinants of risk disclosure in non-financial companies in indonesia. *Diponegoro Journal of Accounting*, 0, 687-700.
- Valentinovna, N.O. (2018). Corporate Social Responsibility Practices and their Application. *Indonesian Journal of Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 1(1), 51-58.
- Wardhana, A., & Cahyonowati, N. (2013). Effect of company characteristics on the level of risk disclosure (Empirical Study of Non-financial Companies Listed on the Indonesian Stock Exchange). *Diponegoro Journal of Accounting*, 0, 155-168.