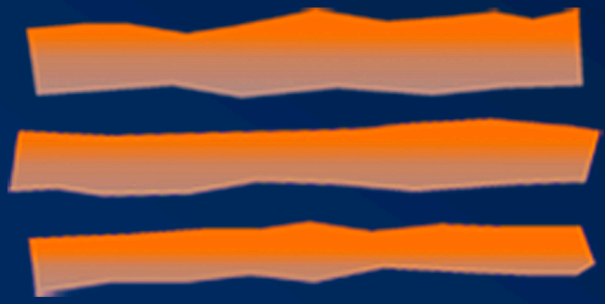
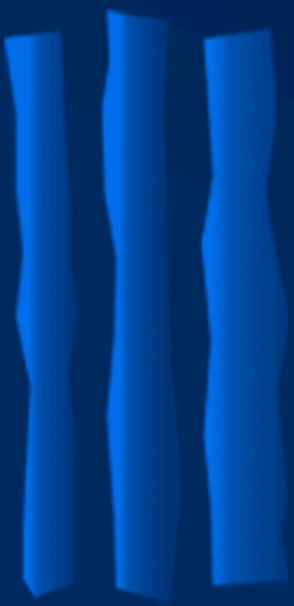


Universidad Pablo de Olavide, Sevilla



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 34. Diciembre de 2022.

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)



Internal financial determinants of stock prices in the banking sector: comparative evidence from Dubai and Abu Dhabi Stock markets

AZMEH, CHADI

International University for Science & Technology (Siria)
Correo electrónico: chadiazmeh@hotmail.com

HAMADA, RASHA

Damascus University (Siria)
Correo electrónico: prof.rhamada@gmail.com

ABSTRACT

The present study has been conducted to examine the impact of seven of most important internal factors on stock prices for all listed banks in Dubai and Abu Dhabi stock markets. Pooled Least Square, Fixed Effects (FE), and Random Effects (RE) models have been used to carry out the analysis for data pertaining to 23 banks for a time period between 2014-2017. The aim of the study is to examine the most important internal factors affecting stock prices in the banking sector of United Arab Emirates, and whether internal factors determining stock prices in this sector are the same for Dubai and Abu Dhabi stock markets. The results give evidence of positive and significant impact of Earnings Per Share (EPS) and Dividend Per Share (DPS) on market price for shares, in all markets for the former and only in Abu Dhabi stock market for the later. By contrast, the study reveals a negative impact of Return on Equity (RoE), Dividend Yield (DY), and Price Earnings (P_E) on market price for shares. Even more important, the study gives evidence of differentiated impact of variables representing dividend policies, on market price for shares, between the two markets investigated in United Arab Emirates.

Keywords: stock price; internal determinants; fixed and random effects; Dubai and Abu Dhabi stock markets; banking sector.

JEL classification: D53, E44, G10.

MSC2010: 91B24, 91B28.

Determinantes financieros internos de los precios de las acciones en el sector bancario: evidencia comparativa de los mercados bursátiles de Dubai y Abu Dhabi

RESUMEN

El presente estudio se ha realizado para examinar el impacto de siete de los factores internos más importantes en los precios de las acciones de todos los bancos que cotizan en los mercados bursátiles de Dubai y Abu Dhabi. Se han utilizado modelos de mínimos cuadrados agrupados, efectos fijos (FE) y efectos aleatorios (RE) para llevar a cabo el análisis de datos pertenecientes a 23 bancos durante un período de tiempo entre 2014 y 2017. El objetivo del estudio es examinar los factores internos más importantes que afectan a los precios de las acciones en el sector bancario de los Emiratos Árabes Unidos, y si los factores internos que determinan los precios de las acciones en este sector son los mismos para los mercados de valores de Dubai y Abu Dhabi. Los resultados evidencian un impacto positivo y significativo de las ganancias por acción (EPS) y los dividendos por acción (DPS) en el precio de mercado de las acciones, en todos los mercados para el primero y solo en el mercado de valores de Abu Dhabi para el segundo. Por el contrario, el estudio revela un impacto negativo de la rentabilidad sobre el capital (RoE), la rentabilidad por dividendo (DY) y las ganancias por precio (P_E) en el precio de mercado de las acciones. Más importante aún, el estudio proporciona evidencia del impacto diferenciado de las variables que representan las políticas de dividendos, en el precio de mercado de las acciones, entre los dos mercados investigados en los Emiratos Árabes Unidos.

Palabras clave: precio de mercado; determinantes internos; efectos fijos y aleatorios; las bolsas de valores de Dubái y Abu Dabi; sector bancario.

Clasificación JEL: D53, E44, G10.

MSC2010: 91B24, 91B28.



1. Introduction

Investment in shares has been considered as a crucial source of finance for fulfilling firm requirements such as expansion and diversification. It is generally recognized that investors are risk averse in their financial decisions. The volatility of their investments cause important concern to them as it measures the degree of risk intensity that they bear. However, investor's knowledge and awareness about the determinants of share price are highly useful in order to make an optimal investment decisions. As factors controlling stock prices, scholars have attributed many internal and external factors. The company or internal factors are the size of the company, board structure, company performance, dividend strategy, book value and earnings. The external factors include governmental regulations, market conditions, business cycle, and macroeconomic variables such as inflation, gross domestic product (GDP), foreign direct investment (FDI), money supply, consumer price index (CPI), exchange rate, interest rate, industrial output, and oil price (Sharif et al., 2015). Furthermore, Sharma (2011) presented two approaches for predicting share prices. The fundamental approach predicts share price based on financial, environmental and managerial factors (Penman, 2004), and the technical approach which is based on past trends in predicting future share price (Stevens, 2002). Therefore, it is crucially important for investors to be aware of these different approaches and factors surrounding their investment decisions.

In the modern economic world, the banking system plays an essential role. Banks play an important role in the creation of new capital (or the formation of capital) in a country, thus support the growth process. They also influence poverty, entrepreneurship, labor market conditions and the economic opportunities available to people (Demerguç- Kunt & Levine, 2010; Al Samman & Azmeh, 2016; Azmeh et al., 2017). Money can be made by the banking system. More money is required for trade transactions as business grows. Usually, a country's legal tender money cannot be easily extended. Bank capital can be easily generated and used when more money is needed. Banks play an important role as suppliers of money, especially, in developing economies. Internal and foreign trade is promoted through the banking system. A significant part of trade is conducted on credit.

In Middle East countries, most stock markets have been recently established, so the nature and functioning of these stock markets are different from those in more developed countries like the USA, Japan, and England. Currently, two stock exchanges are functional in the United Arab Emirates: Dubai Stock Exchange and Abu Dhabi Securities Market. Both of markets were established, consecutively, in 2000 for the first and 2001 for the second market. As a result, the nature of work related to these two markets may differ from others outside the Middle East area. The aim of this study is two-fold. Firstly, it attempts to examine and determine the internal factors affecting the stock prices for listed banks in both markets. Secondly, it purports to compare results for both markets and for all banks listed in both markets, and to investigate whether there are any differences in internal factors affecting stock prices.

The importance of this study is to give insights for investors in the banking sector about the internal determinants of stock prices in the United Arab Emirates, and to answer a central question: whether internal factors affecting stock prices are the same for both United Arab Emirates stock markets, or they are different? In other words, this study attempts to investigate if stock markets, working in the same political, institutional, and economic environment, have same internal factors affecting stock prices? To test empirically the validity of the last arguments, this paper examines the impact of return on equity, book value per share, earnings per share, dividend per share, dividend yield, price earnings, and debt ratio on stock prices for all banks listed (23 banks) in the United Arab Emirates stock exchange markets (Dubai and Abu Dhabi). The authors choose the period between 2014-2017, since it has witnessed an important decline in the oil prices combined with an increase in geopolitical tensions. More attention was given to real sectors, especially the banking sector. This is why in our study we choose the banking sector. The 23 banks are listed in the two stock markets as follow: 11 in Abou Dhabi, and 12 Dubai stock markets, with no cross listing between the two markets. The study employed three different models: Pooled least square, fixed effect (FE), and random effects (RE) models for the years between 2014-2017. Panel data has been constructed due to its inherent merits

over cross sectional data. To the best of author's knowledge, this is one of the early studies to examine empirically this issue in a systematic manner.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 discusses the literature review. Section 3 covers the methods and materials. Section 4 presents the empirical results and Section 5 concludes the paper and discusses some policy implications.

2. Literature review

Collins (1957) pioneered studies on share price determinants for the US sector and listed dividend, net profit, operating earnings and book value as the predominant variables influencing US share prices. Thereafter, a substantial body of theoretical and empirical literature has emerged that takes into account the stock price determinants of the shares. Irfan and Nishat (2002) defined factors influencing Karachi Stock Exchange share prices. They found payout ratio, size, leverage and dividend yield as relevant factors impacting stock market prices in Karachi.

In the same way, Das and Pattanayak (2007) analyzed shares at the Bombay Stock Exchange. Their study showed that higher profits, return on assets, prospects for development and favorable pricing have beneficial impacts on equity market values, while higher risk and uncertainty have reverse effects. Focusing on three sectors, namely, auto, healthcare and public sector in India, Nirmala, Sanju and Ramachandran (2011) concludes that dividend, price-earnings ratio and leverage are the most important determinants of share prices. Furthermore, Khan et al. (2011) examined the effect of dividend policy on Stock prices in Malaysia for 55 companies listed at KSE-100 Index. Their results showed that dividend yield, earnings per share, return on equity and profit after tax have positive impact on stock prices, while retention ratio is negatively related to stock prices. Aveh and Awunyo-Vitor (2017) found that accounting information, specifically earning per share, return on equity, book value and market capitalization of the firms, is relevant in explaining stock prices.

Several studies focused, mainly, on the impact on dividends (proxied by dividend yield and dividend payout) on stock prices. They gave evidence of a positive and important impact of dividend policy and stock prices (Black & Scholes, 1974; Capstaff, Klaeboe & Marshall, 2004; Pani, 2008; Majanga, 2015; Budagaga, 2017; Farrukh et al., 2017; Phan & Tran, 2019). Al-Ali (2020) concluded an important effect of dividends in the form of shares and retained earnings on the market share price of Jordanian Islamic financial companies. Mohammed and Evana (2015) examine the relationship between stock price, dividend and retained earnings of 29 listed banks of Chittagong Stock Exchange. The study found that both, dividend and retained earnings have strong influence over the stock price, though there was moderate explanatory power of those variables. By contrast, other studies demonstrate the existence of negative impact of dividend yield and dividend payout on share price changes. They attributed their results to irrelevant concept of dividend between investors, who consider dividend payments as the outcome of past performance rather than a reflection of future performance (Baskin, 1989; Uddin & Chowdhury, 2005; Denis & Osobov, 2008; Budagaga, 2020).

The impact of book value per share on stock prices has also been analyzed by several studies. Findings of these studies suggest that book value per share and other firm specific factors play a crucial role in determining market price of the share. Book value per share depicts a sound financial performance, which in turn, affect stock prices in positive way (Balkrishnan, 1984; Zahir & Khanna, 1982; Sharma, 2011). Obeidat (2009) found a significant effect of earnings per share and book value per share on stock market price in the Abu Dhabi Securities Market, whereas no significant effect of dividend per share was found.

External and technical factors also have an important and significant impact on stock prices. These factors might include macroeconomic variables such as inflation, gross domestic product (GDP), foreign direct investment (FDI), money supply, consumer price index (CPI), exchange rate, interest

rate, industrial output, and oil price. According to Ibrahim and Aziz (2003), there is a short term, as well as, long term relationship between the macroeconomic variables and the Kuala Lumpur Composite Index. Their conclusion was confirmed by several studies (Liu & Shrestha, 2008; Narayan et al., 2014; Wu & Lee, 2015; Braun, 2016), which indicates that industrial production and money supply have positive relationship with Chinese stock indices, while inflation, interest rate and exchange rate have reverse impact on stock prices. Arora and Bhimani (2016) indicated that GDP, inflation and earnings per share to have impact on prices of common stock for 263 manufacturing companies in Singapore, but the relationship does not seem to be very strong. Antono et al. (2019) found an evidence of positive and significant effects of world oil price on stock price for mining companies in Indonesia. They also demonstrate that inflation has negative and significant effect on the stock price while exchange rate has no significant effect on stock price.

Other technical factors that may affect stock prices include competition, political instability, governmental policies, strikes, wars and fraud (Adam & Tweneboah, 2008; Al-Tamimia et al., 2011). Rudd (2009) concludes that approximately 32 US trillion dollars was lost by global equity markets during 2009 as a result of the global financial crisis in 2008. Furthermore, Chen and Siems (2004), by measuring the deviation of index return from their average, concluded that the September 11 terror attacks on USA had negative and significant impact on global capital markets. On the other hand, Al-Malkawi et al. (2020) purports that the global financial crisis seems to be insignificant determinant of stock prices in the case of MENA countries.

Several studies examined the impact of internal factors on stock prices for banks in different stock markets around the world. Arshad et al. (2015) found that earning per share, book to market value ratio, and interest rate are important determinants of share prices for commercial bank listed in Karachi stock exchange from 2007 to 2013. Almumani (2014) investigates the impact of dividend per share, earning per share, size, price earnings ratio, book value, dividend payout ratio, and the market price on share prices for listed banks in the Amman stock Exchange from 2005 to 2011. The study gave evidence of an important role for earnings per share, book value, and price earnings ratio in determining share prices. According to Al-Shubiri (2010), earnings per share and dividend ratio have a significant positive impact on stock prices for 14 commercial banks listed in Amman Stock Exchange. Furthermore, Al-Omar and Al- Mutairi (2008) concluded that earnings per share and book value per share affects stock prices for seven Kuwaiti banks from 1980 to 2004. A good review of the literature is available in Hassani et al. (2014).

Based on precedent literature, the current paper aims to empirically explore the internal determinants of stock prices for the banking sector in the United Arab Emirates stock markets. It purports to examine the impact of seven most important determinants, tested previously by other scholars for different sectors in different countries, on stock prices. It will divide the sample to three different groups: all listed banks in Dubai and Abu Dhabi stock markets, listed banks in Dubai stock markets, and listed banks in Abu Dhabi stock markets. The reason behind this is to examine whether internal factors affecting stock prices are the same for both United Arab Emirates stock markets? In other words, this study attempts to investigate if stock markets, working in similar political, institutional, and economic environment, have same internal factors affecting stock prices.

3. Methods and materials

The data was retrieved from the financial statements of all banks listed in the United Arab Emirates stock exchange markets (Dubai and Abu Dhabi). At present 23 banks are listed in the two Emirates stock exchange. Panel data for the years ranging from 2014-2017 were constructed and all listed banks were included in the study with a total number of 736 observations (23*4*8). Panel data has been constructed due to its inherent merits over cross sectional data, as it gives: more informative data, variability, degrees of freedom, efficiency, and less collinearity among variables (Baltagi, 2001). Table 1 specifies the variables and how they are measured.

Table 1. Summary of variables and research expected signs.

Variables	Definition	Symbol	Expected Sign
Dependent variable			
Market price of share	Closing share price as at 31 st December for the years studied	MPS	
Independent variables			
Return on Equity Ratio	$\frac{\text{Net Income}}{\text{Average Owners' Equity}}$	ROE	+
Book value per share	$\frac{\text{Total stockholders' equity}}{\text{Number of Shares outstanding}}$	BVPS	+
Earnings per Share	$\frac{\text{Net Income}}{\text{Average Number of Shares}}$	EPS	+
Dividend Per Share	$\frac{\text{Dividend paid}}{\text{Average Number of Shares}}$	DPS	+
Dividend yield	$\frac{\text{Dividend Per Share}}{\text{Current stock price}}$	DY	-
Price earnings	$\frac{\text{Current stock price}}{\text{Earnings per Share}}$	P/E	+
Debt Ratio	$\frac{\text{Total Liabilities}}{\text{Total Assets}}$	DR	-

Source: Own elaboration.

Table 2 below displays a detailed description of the summary statistics of all variables used in the study. The mean, standard deviation, minimum and maximum values for all variables are reported.

Table 2. Summary Statistics of variables for the period (2014-2017).

Variable	Mean	Std. Dev.	Minimum	Maximum
ROE	0.0835639	0.0763301	-0.224000	0.225000
BVPS	30.8022	109.262	0.0893324	602.247
EPS	3.51159	12.9104	-0.380000	80.7357
DPS	0.467420	1.32188	0.000000	7.69231
DY	0.0332800	0.0257859	0.000000	0.100000
P_E	12.1073	22.1635	-33.0400	142.710
DR	0.834582	0.0863583	0.477557	0.939804
MPS	12.0278	46.4281	0.0400000	400.000

Source: Own elaboration.

It is worth noting in Table 2 above that there is a large difference in the PE minimum and maximum values (min= -33.04 and max= 142.71). This means that people can afford to pay a large

premium for good results while they are reluctant to invest in underperforming banks. An overview of the dividend policy statistics, which are proxied by dividend yield and dividend per share, is also noteworthy. Here, too, we should notice that there are banks that do not pay dividends at all; and the difference between the minimum and maximum values is important, especially for DPS. Furthermore, we should also notice the value of DR, which is high in average for all banks. In fact, banks depend on debt to finance their activities. thus, the higher the DR, the higher is the risk, which will impact negatively the stock price. A correlation matrix was developed to infer the degree of correlation between the variables tested in an effort to detect multicollinearity. The results of the matrix can be found in Table 3 below.

Table 3. Correlation coefficients for the period (2014-2017).

	ROE	BVPS	EPS	DPS	DY	P_E	DR	MPS
ROE	1.0000	0.0946	0.1139	0.1809	0.5484	0.0100	-0.0618	0.0835
BVPS		1.0000	0.9817	0.6022	-0.0622	-0.0487	0.1483	0.9912
EPS			1.0000	0.5839	-0.0361	-0.0518	0.1470	0.9940
DPS				1.0000	0.2891	-0.0858	0.1262	0.3274
DY					1.0000	-0.1853	0.1730	-0.0629
P_E						1.0000	0.0999	-0.0471
DR							1.0000	0.1004
MPS								1.0000

Source: Own elaboration.

Drury (2008) states that if there is 70 percent and beyond of multicollinearity between two variables, it is a case of concern. We notice a serious case of multicollinearity in the current analysis, as the overall association between BVPS and EPS is 98 percent. A VIF test is conducted to further check multicollinearity among independent variables for the full set of data. Results show important values for BVPS and EPS, which confirm our concern for the existence of multicollinearity among these two variables. To solve this issue, we exclude BVPS from our data and rerun the VIF test. The mean VIF value is 1.370, which is very small, thus affirming the absence of any multicollinearity in the new dataset. Results are presented in Table 4.

Table 4. Variance inflation factor (VIF) test for the period (2014-2017).

Variable	VIF all variables	VIF without BVPS
ROE	1.831598	1.586033
BVPS	185.2814	
EPS	199.8540	1.282526
DPS	2.788841	1.342120
DY	1.893687	1.789164
P_E	1.099511	1.097136

DR	1.163088	1.125698
Mean VIF		1.370446

VIF: Variance Inflation Factor test.
Source: Own elaboration.

4. Empirical results

4.1. The empirical model

In accordance with previous research analyzing the relationship between the internal variables of firms and the market share price, the following regression specification is used.

$$MPS = f(IF) \quad [1]$$

MPS represents the market price of share which is a function of internal factors variables (IF).

In our analysis, the general model intended to be used to evaluate the impact of internal factors variables on MPS can be defined as follows:

$$MPS_{it} = \alpha + \beta_1 ROE_{it} + \beta_2 EPS_{it} + \beta_3 DPS_{it} + \beta_4 DY_{it} + \beta_5 P_E_{it} + \beta_6 DR_{it} + \mu_{it} \quad [2]$$

where:

MPS: is the variable that represent market price of share,

α : is the constant,

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: coefficients for the internal factors variables,

ROE, EPS, DPS, DY, P_E, DR: are the internal factors variables,

μ : is the error term,

i: refer to the bank studied while (t) to time period.

In order to estimate Equation (2), two estimation methods were applied. The first method is the pooled ordinary least square (POLS). The second method, which is commonly used in panel data analysis, is the fixed and random effects models (FE, RE). The Hausman specification test is employed to decide whether results from FE or RE models are more convenient. The study applied the three Models (POLS, FE, RE) on three group of listed banks in the stock markets: listed banks in Dubai stock market, listed banks in Abu Dhabi stock market, and all listed banks in United Arab Emirates. The main reason behind this exercise is to examine whether internal factors affecting stock prices are the same for both United Arab Emirates stock markets and for all listed banks, or are they different? All results are reported in Table 5.

Table 5. Determinants of market price share in the United Arab Emirates stock markets for the period (2014-2017), using POLS, FE, RE models.

	<i>POLS regression</i>			<i>Fixed-effect model</i>			<i>Random-effect model</i>		
Model	Dependent variable: MPS			Dependent variable: MPS			Dependent variable: MPS		
Regressions	Abu Dhabi	Dubai	Full	Abu Dhabi	Dubai	Full	Abu Dhabi	Dubai	Full
Const	3.669 (2.785)	-14.609 (6.077)**	-8.10415 (3.728)**	-1.830 (11.108)	-4.859 (67.291)	-10.029 (29.131)	2.460 (3.467)	-14.608 (6.077)**	-8.104 (3.729)**
ROE	-5.386 (3.471)	27.239 (15.858)*	-0.644 (6.030)	-2.601 (6.029)	-1.184 (37.479)	-18.010 (8.188)**	-4.827 (3.566)	27.239 (15.858)*	-0.644 (6.030)
EPS	4.356 (1.212)***	8.192 (0.103)***	8.232 (0.074)***	4.141 (2.856)	12.283 (2.468)***	13.287 (1.462)***	4.550 (1.405)***	8.192 (0.103)***	8.232 (0.074)***
DPS	11.349 (2.479)***	-4.718 (0.758)***	-4.998 (0.534)***	6.633 (4.384)	-6.007 (29.696)	-5.090 (11.419)	10.007 (2.799)***	-4.718 (0.758)***	-4.998 (0.534)***
DY	-40.338 (10.313)***	-72.875 (47.150)	1.067 (19.672)	-24.546 (13.067)*	-151.566 (136.956)	-34.766 (40.366)	-34.842 (10.542)***	-72.875 (47.150)	1.067 (19.672)
P_E	-0.006 (0.007)	-0.009 (0.034)	-0.007 (0.018)	-0.013 (0.006)**	-0.0006 (0.039)	-0.005 (0.018)	-0.009 (0.006)	-0.009 (0.034)	-0.007 (0.018)
DR	-1.554 (3.268)	18.067 (7.607)**	11.130 (4.549)**	5.211 (12.766)	-1.739 (81.023)	7.299 (33.285)	-0.187 (4.092)	18.067 (7.617)**	11.130 (4.550)**
Observations	44	40	84	44	40	84	44	40	84
Adj R-squared	0.873	0.995	0.995	0.902	0.995	0.995			
Hausman test							9.987 p-value=0.12	13.471 p-value=0.03	26.8866 p-value=0.000

Standard errors are in brackets. * significant at 10%, ** significant at 5%, and *** significant at 1%.

The dependent variable is market price share MPS. Control variables are: return on equity (ROE), earnings per share (EPS), dividend per share (DPS), dividend yield (DY), price earnings (P_E) and debt ratio (DR).

Source: Own elaboration.

4.2. Empirical analysis and findings

The regression analysis for the POLS model, which is our general model, showed an adjusted R-square of (0.873, 0.995, and 0.995) for our three groups of listed banks. This means that more than 87% of the variation in stock market price for listed banks in Abu Dhabi, and more than 99% for listed banks in Dubai and all listed banks in United Arab Emirates are explained by the variables included in the study. The value of the coefficient for ROE is positive and statistically significant (at 10% level) only for Dubai stock market. It is also positive and statistically significant for EPS in all groups at 1% level. More importantly, results for DPS shows conflicting outcomes. The value of the coefficient is positive for Abu Dhabi, while it is negative for Dubai and all listed banks at 1% level. Furthermore, the value of the coefficient for dividend yield (DY) is negative and statistically significant at 1% level, only at Abu Dhabi stock market. Concerning our last variable (DR), results showed a positive and significant impact (at 5% level) for only Dubai and full listed banks.

Under another model, namely the FE and RE, the findings were further analyzed. From Table 5, it is obvious that the Hausman test favored the FE estimate for Dubai and full listed banks (p-value = 0.03 for Dubai and 0.00 for full listed banks), while it favored RE for Abu Dhabi (p-value = 0.12). We based our analysis on these three regressions. Results for these last regressions revealed important differences with our previous results from POLS model. In effect, the value of the coefficient for ROE is negative for all three regressions but only statistically significant at 5% level for all listed banks. This means that ROE has a negative and important impact on market stock prices in the banking sector in United Arab Emirates. Moreover, the values of coefficient for EPS are positive and statistically

significant at 1% level for all markets (Dubai, Abu Dhabi, and all listed banks in both markets). Hence, earnings per share seem to have an important impact on stock market prices for all banks and in both markets (Dubai and Abu Dhabi). These results are consistent with the findings of Al-Omar and Al-Mutairi (2008), Al-Shubiri (2010), Almumani (2014), and Arshad et al. (2015). Concerning the dividend per share (DPS) variable, the regression results showed a positive impact on market stock prices with significance at 1% level but only for Abu Dhabi stock market. The results for Dubai and full listed banks are negative, even though they are not statistically significant. This last result is of great importance, since it shows that internal financial determinants of stock market prices may be different between stock markets in the same country. The variable dividend yield showed a negative impact on stock market prices, but results were significant (at 1% level) only for Abu Dhabi stock market. This is consistent with previous studies suggesting that investors are not affected by dividend policies (Baskin, 1989; Uddin & Chowdhury, 2005; Denis & Osobov, 2008; Budagaga, 2020). While some investors base their investment decision on these policies in order to get instant benefits, others are more inclined to capital gains and they prefer to avoid taxes on dividends. Results also show a negative impact of price earnings on stock market price in all regressions, but they are not statistically significant. Regarding values the coefficients of our last variable DR, results confirm our previous conclusion about different impact of the same variable in different markets in the same country. In effect, although all results are not statistically significant, they showed a negative impact on stock market prices for Abu Dhabi and Dubai stock markets, and positive impact for the full listed banks in both markets.

5. Results and concluding remarks

The main aim of the present study was to analyze the determinants of market price for shares of banks listed in the United Arab Emirates stock exchange markets. By dividing the sample to three different groups: all listed banks in Dubai and Abu Dhabi stock markets, listed banks in Dubai stock markets, and listed banks in Abu Dhabi stock markets, it examined whether internal factors affecting stock prices are the same for both United Arab Emirates stock markets.

Financial data were retrieved from the financial statements of all banks listed in the United Arab Emirates stock exchange markets (Dubai and Abu Dhabi). In effect, 23 banks are listed in the two Emirates stock exchange. Panel data for the years ranging from 2014-2017 has been constructed and all listed banks have been included in the study with a total number of 736 observations (23*4*8). The estimation method is based on POLS regression, Fixed-effect, and Random effect models. After applying a VIF test on our primary data, one variable was excluded from the study due to multicollinearity concern between variables. The study mainly examined the impact of six variables namely return on equity (RoE), earnings per share (EPS), dividends per share (DPS), Dividend yield (DY), price earnings (P_R), and debt ratio (DR), on market price for shares (MPS).

The empirical findings revealed a positive and significant impact of earnings per share (EPS) on market price for share, for all markets (Dubai, Abu Dhabi, and all listed banks in both markets), which is consistent with previous scholars findings (Al-Omar and Al-Mutairi, 2008; Al-Shubiri, 2010; Almumani, 2014; Arshad et al., 2015). The study also gave evidence of an important positive impact of dividend per share (DPS) on market price for shares but only for Abu Dhabi stock market. By contrast, the study showed a negative impact of return on equity (ROE) and dividend yield (DY) on market price for share in all markets, although it was significant only for full listed banks in the former, and for Abu Dhabi stock market in the later. The results are consistent with previous studies suggesting that investors are not affected by dividend policies (Baskin, 1989; Uddin & Chowdhury, 2005; Denis & Osobov, 2008; Budagaga, 2020). The study also revealed a negative, but not statistically significant, impact of price earnings (P_E) on market price for shares for all stock markets. More importantly, concerning dividend per share (DPS) and dividend yield (DY), the study gave evidence of a differentiated results between all markets. The impact of (DPS) on market price for shares was positive and statistically significant in Abu Dhabi, while it was negative for Dubai and full listed banks (even though not statistically significant). Furthermore, the impact of dividend yield on market price for shares was

positive for all listed banks; while it was negative for Abu Dhabi and Dubai stock markets (all results were not statistically significant). These last results gave evidence of differentiated impact of some variables, mainly concerning dividend policy, on market price for shares for both stock markets in United Arab Emirates. Although the political, institutional, and economic environment, are the same for both markets, these last two variables seems to have different impact on market price for share in the banking sector.

Before making investment decisions, the study serves as a guide for potential investors in the banking sector in United Arab Emirates, to concentrate on the factors listed above. Investors are advised to track our examined variables (RoE, EPS, DPS, DY, P_E, and DR) before they expand their portfolio. It also offers recommendations for the banks listed in United Arab Emirates to concentrate their focus on taking measures to improve the figures relating to the significant variables that have influenced the market price of shares established in this study. The study gives evidence of differentiated impact of variables representing dividend policies, on market price for shares, in the two markets investigated in United Arab Emirates. While some investors based on these policies in their investment decision in order to get instant benefits, others are more inclined to capital gains. One major drawback emerges from the study, since it only takes into account firm specific variables and excludes macro-economic variables such as GDP, inflation, interest rates, business cycles, etc. This opens an arena for further research to encompassing the macro and micro factors for unfolding a comprehensive idea of factors affecting MPS.

References

- Adam, A.M., & Tweneboah, G. (2008). *Macroeconomic factors and stock market movement: Evidence from Ghana*. Available at SSRN 1289842.
- Al-Ali, S.M. (2020). The Effect of Dividends on the Market Share Price: An Applied Study on Jordanian Islamic Financial Companies for the 2010-2018. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 10(3), 24-28.
- Al-Malkawi, H. A. N., Pillai, R., & AlShiab, M. S. (2020). Evaluating Microeconomic Factors, Financial Crisis, and Stock Price Dynamics: Evidence From MENA Region. In *Handbook of Research on Accounting and Financial Studies* (pp. 131-153). IGI Global.
- Al-Omar, H. & Al-Mutairi, A. (2008). The relationship between the Kuwaiti banks share Prices and their attributes. *Scientific Journal of King Faisal University*, 9(1), 325-338.
- Al-Samman, H., & Azmeh, C. (2016). The Effect of Financial Liberalization through the General Agreement on Trade and Services on Economic Growth in Developing Countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(3), 855-860.
- Al-Shubiri, F.N. (2010). Analysis the determinants of market stock price movements: an empirical study of Jordanian commercial banks. *International Journal of Business and Management*, 5(10), 137.
- Al-Tamimia, H.A.H., Alwana, A.A., & Rahmana, A.A.A. (2011). Factors Affecting Stock Prices in the UAE Financial Markets. *Journal of Transnational Management*, 16, 3-19.
- Almumani, M.A. (2014). Determinants of equity share prices of the listed banks in Amman stock exchange: Quantitative approach. *International Journal of Business and Social Science*, 5(1), 91-104.

- Antono, Z., Jaharadak, A., & Khatibi, A. (2019). Analysis of factors affecting stock prices in mining sector: Evidence from Indonesia Stock Exchange. *Management Science Letters*, 9(10), 1701-1710.
- Arora, P., & Bhimani, M. (2016). Determinants of stock price in Singapore's manufacturing sector. In *Entrepreneurship, Business and Economics*, Vol. 2 (pp. 665-676). Springer, Cham.
- Arshad, Z., Arshaad, A.R., Yousaf, S., & Jamil, S. (2015). Determinants of share prices of listed commercial banks in Pakistan. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 6(2), 56-64.
- Aveh, F.K., & Awunyo-Vitor, D. (2017). Firm-specific determinants of stock prices in an emerging capital market: Evidence from Ghana Stock Exchange. *Cogent Economics & Finance*, 5(1), 1339385. <https://doi.org/10.1080/23322039.2017.1339385>
- Azmeh, C., Al Samman, H., & Mouselli, S. (2017) The Impact of Financial Liberalization on Economic Growth: The Indirect Link. *International Business Management*, 11(6), 1289-1297.
- Balkrishnan, K.P. (1984). Determinants of Equity Prices in India. *Management Accountant*, 19(12), 728-730.
- Baltagi, B.H. (2001). *Econometrics Analysis of Panel Data*. Chichester: Wiley.
- Baskin, J. (1989). Dividend Policy and the Volatility of Common Stock. *Journal of Portfolio Management*, 3(15), 19-25.
- Black, F., & Scholes, M. (1974). The Effect of Dividend Yield and Dividend Policy on Common Stock Prices and Returns. *Journal of Financial Economics*, 1(1), 1-22.
- Braun, M. (2016). How Do Investment, Fundamentals, and Stock Prices Relate Around the World? *Emerging Markets Finance and Trade*, 52(12), 2772-2789.
- Budagaga, A. (2017). Dividend payment and its impact on the value of firms listed on Istanbul stock exchange: A residual income approach. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(2), 370.
- Budagaga, A.R. (2020). Dividend policy and market value of banks in MENA emerging markets: residual income approach. *Journal of Capital Markets Studies*, 4(1), 25-45.
- Capstaff, J., Klaeboe, A., & Marshall, A.P. (2004). Share Price Reaction to Dividend Announcements: Evidence from the signaling model from the Oslo Stock Exchange. *Multinational Finance Journal*, 8(1&2), 115-139.
- Chen, A.H., & Siems, T.F. (2004). The Effects of Terrorism on Global Capital Markets. *The European Journal of Political Economy*, 20, 349-366.
- Collins, J. (1957). How to Study the Behavior of Bank Stocks. *The Analysts Journal*, 13(2), 109-113.
- Das, N., & Pattanayak, J.K. (2007). Factors affecting Market Price of SENSEX shares. *The Icfai Journal of Applied Finance*, 13(8), 33-51.
- Denis, D.J., & Osobov, I. (2008). Why Do Firms Pay Dividends? International Evidence on the Determinants of Dividend Policy. *Journal of Financial Economics*, 89(1), 62-82.
- Demerguç-Kunt, A., & Levine, R. (2010). Finance and Inequality: Theory and Evidence. *Annual Review of Financial Economics*, Annual Reviews, 1(1), 287-318.

- Drury, C. (2008). *Management and Cost Accounting* (7th ed.). London: Cengage learning.
- Farrukh, K., Irshad, S., Khakwani, M.S., Ishaque, S., & Ansari, N.Y. (2017). Impact of dividend policy on shareholders wealth and firm performance in Pakistan. *Cogent Business & Management*, 4(1), 1408208.
- Hassani, A., Mouselli, S., & Alsamman, H. (2014). The Impact of Macroeconomic Variables on Stock Prices: Evidence from the United States. *Damascus University Journal*, 30(2), 43-65.
- Ibrahim, M., & Aziz, M. (2003). Macroeconomic Variables and the Malaysian Equity Market: A Rolling through Subsamples. *Journal of Economic Studies*, 30, 6-27.
- Irfan, C.M., & Nishat, M. (2002). Key Fundamental Factors and Long-run Price Changes in an Emerging Market - A Case Study of Karachi Stock Exchange. *The Pakistan Development Review*, 41(4), 517-533.
- Khan, K.I., Aamir, M., Qayyum, A., Nasir, A., & Khan, M.I. (2011). Can Dividend Decisions Affect the Stock Prices: A Case of Dividend Paying Companies of KSE. *Journal of Finance and Economics*, 76, 67-74.
- Liu, M.H., & Shrestha, K.M. (2008). Analysis of the Long-Term Relationship between Macroeconomic Variables and the Chinese Stock Market Using Heteroskedasticity Cointegration. *Managerial Finance*, 34, 744-755.
- Majanga, B. (2015). The dividend effect on stock price. An empirical analysis of Malawi listed companies. *Accounting and Finance Research*, 4(3), 99-105.
- Mohammed, S.I. & Evana, N.D. (2015) Determinants of Stock Price Movements: Evidence from Chittagong Stock Exchange, Bangladesh. *Journal of Economics and Business Research*, 11(2), 117-133.
- Narayan, P.K., Narayan, S., & Singh, H. (2014). The determinants of stock prices: new evidence from the Indian banking sector. *Emerging Markets Finance and Trade*, 50(2), 5-15.
- Nirmala, P.S., Sanju, P.S., & Ramachandran, M. (2011). Determinants of Share Price in India. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*, 2(2), 124-130.
- Obeidat, M. I. (2009). The internal financial determinants of common stock market price: evidence from Abu Dhabi securities market. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 25(1), 21-46.
- Pani, U. (2008). *Dividend Policy and Stock Price Behaviour in Indian Corporate Sector: A panel data approach*. Retrieved from Indian Institute of Technology: <http://ssrn.com/abstract,1216171>.
- Penmann, S.H. (2004). *Financial statement analysis and security valuation*. New York: McGraw Hill.
- Phan, T.K.H., & Tran, N.H. (2019). Dividend policy and stock price volatility in an emerging market: Does ownership structure matter? *Cogent Economics & Finance*, 7(1), 1637051.
- Rudd, K. (2009). The global financial crisis. *The Monthly (Feb 2009)*, 20-29.
- Sharif, T., Purohit, H., & Pillai, R. (2015). Analysis of factors affecting share prices: The case of Bahrain stock exchange. *International Journal of Economics and Finance*, 7(3), 207-216.
- Sharma, S. (2011). Determinants of Equity Share Prices in India. *Journal of Arts, Science and Commerce*, 2(4), 51-60.

- Stevens, L. (2002). *Essential Technical Analysis, Tools and Techniques to Spot Market Trends*. E-book: John Wiley & Sons, Inc.
- Uddin, M.H., & Chowdhury, G.M. (2005). Effect of dividend announcement on shareholders' value: Evidence from Dhaka Stock Exchange. *Journal of Business Research*, 7(1), 61-72.
- Wu, S.J., & Lee, W.M. (2015). Predicting Severe Simultaneous Bear Stock Markets Using Macroeconomic Variables as Leading Indicators. *Finance Research Letters*, 13, 196-204.
- Zahir, M.A., & Khanna, Y. (1982). Determinants of Stock Prices in India. *The Chartered Accountant*, 30(8), 521-523.



Caracterización de la financiación para desarrollo en Colombia (2010-2018): caso empresa ACME SA

GIRALDO CARDONA, INGRID

Universidad del Rosario (Colombia)

Correo electrónico: ingridc.giraldo@urosario.edu.co

SOCORRO MÁRQUEZ, FÉLIX O.

Universidad Complutense de Madrid (España)

Correo electrónico: felix.socorro@gmail.com

REYES ORTIZ, GIOVANNI E.

Universidad del Rosario (Colombia)

Correo electrónico: giovanni.reyes@urosario.edu.co

RESUMEN

La investigación se centró en una problemática de financiación, a través del análisis de los datos históricos, en un periodo de 8 años, dada la factibilidad de contar con datos comparables, de la empresa ACME SA. El objetivo principal de este estudio fue proporcionar una caracterización actualizada de las inversiones de la firma ACME SA, en función de los departamentos y regiones del país, teniendo en cuenta: (i) cada departamento de Colombia; (ii) cada región del país (Amazónica, Andina, Caribe, Orinoquía y Pacífica); (iii) departamentos conforme a cuartiles de competitividad; (iv) departamentos conforme a los cuartiles de la contribución al producto interno bruto (PIB); y, finalmente, (v) departamentos conforme a cuartiles de población. Como metodología se utilizó principalmente la técnica de regresión lineal. Con base en ello los datos fueron agrupados por sector económico y departamental para analizar la cobertura. Por lo tanto, el resultado del estudio brinda una herramienta altamente fundamentada para la toma de decisiones, como lo son el direccionamiento de la estrategia para la priorización del desarrollo a través de indicadores de gran relevancia como lo son el PIB, la población y la competitividad.

Palabras clave: caracterización; financiación; desarrollo; toma de decisiones; priorización.

Clasificación JEL: G11, G24, G28, H54.

MSC2010: 65A05, 65A99.

Characterization of financing for development in Colombia (2010-2018): case company ACME SA

ABSTRACT

The investigation focused on a financing problem, through the analysis of historical data, in a period of 8 years given the feasibility of comparable data, of the company ACME SA. The main objective of this study was to provide an updated characterization of ACME SA 's investments, based on the country's departments and regions, taking into account: (i) each department in Colombia; (ii) each region of the country (Amazonian, Andean, Caribbean, Orinoquia and Pacific); (iii) departments according to competitiveness quartiles; (iv) departments according to quartiles of contribution to gross domestic product (GDP); and, finally, (v) departments according to population quartiles. The methodology used mainly was the linear regression technique. Based on this, the data were grouped by economic and departmental sector to analyze coverage. Therefore, the result of the study provides a highly grounded tool for decision-making, such as directing the strategy for prioritizing development through highly relevant indicators such as GDP, population, and competitiveness.

Keywords: characterization; financing; development; decision-making; prioritization.

JEL classification: G11, G24, G28, H54.

MSC2010: 65A05, 65A99.



1. Introducción

Los Bancos Nacionales de Desarrollo (BND) son un instrumento nacional para promover y ejecutar proyectos a lo largo del país, a través de la promoción del desarrollo en los sectores, de acuerdo a lo explicado por Kulfas (2018). Para el caso colombiano, el Gobierno Nacional dispone de diferentes entidades que focalizan la financiación de acuerdo a una segregación en sectores económicos.

Partiendo de lo anterior, se hace importante evaluar de forma transversal la financiación que tienen los BND en el territorio nacional y su apoyo al desarrollo del país, con el fin de generar estrategias corporativas que incentiven la inversión y colocación de productos que impacten de manera activa en los territorios y la economía.

Con base en los referidos análisis se persiguió tener información y conocimiento útil para la toma de decisiones en cuanto a planes estratégicos y operativos de inversión para el desarrollo en Colombia. Para realizar un análisis objetivo, se utilizaron métodos estadísticos, como el análisis de clúster, la correlación entre variables, la regresión múltiple y el análisis de varianzas, de los que se obtienen resultados acertados y sustentados cuantitativamente. Las técnicas estadísticas fueron la principal herramienta para evaluar la financiación de los BND.

Al evaluar tendencias económicas desfavorables para los BND se encontraron aspectos como la disminución de incrementos de la tasa repo para el 2019 y la normalización de la política monetaria a nivel internacional, entre otras. Esto da las bases para que cualquier decisión de mercado a nivel internacional, impacta de manera sustancial el mercado local puesto que, según el Banco de la República (2018), se toman decisiones a partir de la economía global y del país, es decir, el endurecimiento de las condiciones financieras en el exterior genera una reacción en la nación; así mismo, el fortalecimiento del dólar a nivel global exige la evaluación de políticas monetarias por parte del Banco Central.

Los BND tienen como objetivo financiar proyectos que en ocasiones no generan rentabilidad. En términos de riesgo, los BND presentan una menor aversión al riesgo, dada su naturaleza de funcionamiento, al tener como objetivo la financiación de proyectos de alto impacto social o sostenibilidad ambiental entre otros, en muchas ocasiones el riesgo es alto, pero asumible por estas entidades.

Una de las mayores bondades, y clave de la relevancia de los BND como principales promotores de desarrollo a nivel mundial, no es otra que atender esos fallos de mercados generados, como lo señala Calderón (2005).

Explica Stiglitz (2001), citado por Calderón (2005), que en los mercados financieros en desarrollo:

(...) generalmente hay muchos sectores en donde el crédito es importante, pero las personas no tienen acceso al mismo. Los mercados no conceden créditos a largo plazo. Ellos se especializan, particularmente, en créditos comerciales y no se puede construir una fábrica con crédito comercial. Existen fallas típicas de mercado, aún en países desarrollados. (Calderón, 2005, p. 12)

Continúa Calderón (2005) explicando que Stiglitz (2001) destaca que:

El mercado tiende a no dar préstamos adecuados a los pequeños negocios. En general, los mercados tienen dificultad para conceder créditos en áreas en las que el proceso de garantías es difícil. La verdad es que, en momentos críticos, el gobierno tiene siempre un papel importante. (Calderón, 2005, p. 12)

Las declaraciones anteriores también pueden encontrarse en COLPROCE (2012), específicamente en la página 2.

Es por lo anterior, que en la última década los BND han experimentado un alto grado de crecimiento y, a nivel mundial, se han constituido grandes bancos de desarrollo multilaterales, tal y como lo explican Ocampo et al. (2018).

El canal a través del cual llegan los clientes es a través de la fuerza comercial, ya que son productos altamente especializados y requieren de asesoría constante por parte de los BND.

Las captaciones se realizan por medios diferentes a los depósitos monetarios. Por ejemplo, el otorgamiento de crédito para la adquisición de vivienda por instituciones financieras especializadas que no reciben depósitos como la caja de vivienda militar y las actividades financieras de las cajas de compensación familiar. (DANE, 2012, p. 387).

Al realizar la financiación para el desarrollo nacional, los BND trabajan a lo largo del país. Una característica destacada es que todas las oficinas principales se encuentran ubicadas en la ciudad de Bogotá D.C, pero la información de cada entidad y los reportes emitidos no se encuentran orientados a identificar cómo se distribuye la financiación nacional.

1.1. La empresa ACME SA

ACME SA es uno de los BND colombianos con un alto trayecto en la industria, tiene una información financiera sólida, un gran índice reputacional, capital humano de gran calidad y un alto reconocimiento como una entidad efectiva a la hora de generar desarrollo a nivel nacional; actúa como banca de desarrollo de segundo piso, atendiendo departamentos y municipios de Colombia.

Al estudiar a ACME SA se definieron 13 indicadores (y metas) con el fin de validar el cumplimiento de los objetivos planteados. Estos son:

1. Proyectos con impacto en más de una jurisdicción.
2. Número de Beneficiarios Directos de productos.
3. Impacto en jurisdicciones sin capacidad de estructuración.
4. Rentabilidad.
5. Impacto social (TIR Social).
6. Índice de Eficiencia Operativa.
7. Cobertura en departamentos.
8. Ingresos por la gestión de proyectos.
9. Cumplimiento de desembolsos por Sede.
10. Cumplimiento del cronograma de Proyectos de Asistencia.
11. Índice de gestión de la reputacional.
12. Perfil de Riesgo organizacional.
13. Cumplimiento del Plan Estratégico de tecnología.

Luego, se establecieron los proyectos que apalancan la estrategia, identificando 7 inicialmente, distribuidos y liderados en varias áreas de la organización: (1) Rediseño del portafolio de servicios, (2) Modelo comercial por segmentos jurisdiccionales, (3) Plan de potencialización de Gerencia de

Proyectos, (4) Modelo de gestión de la reputación, (5) Actualización de la cadena de valor organizacional, (6) Modelo para la gestión de riesgos por servicio, (7) Implementar la transformación digital.

Cabe destacar que la estrategia de ACME SA se encuentra alineada y con un plan definido para alcanzarla en el periodo de tiempo propuesto. Es importante tener presente que el plan estratégico es monitoreado constantemente por la alta dirección y Junta Directiva.

Las principales fortalezas a resaltar de ACME SA son: a) Gran conocimiento y capacitación técnica en la gestión de proyectos que genera diferenciación a demandas específicas del mercado colombiano. b) Imagen corporativa sólida y generadora de confianza frente a los grupos de interés y ventajas comparativas frente a los demás BND. c) Planeación estratégica coherente con la misión y visión de la Entidad. d) Presencia a nivel de regiones en lugares estratégicos del país. e) Crecimiento de la cartera igual o superior al crecimiento de la cartera comercial del sistema financiero colombiano. f) Gran conocimiento y capacidad de gestión de los recursos de la Banca Multilateral.

Las principales debilidades a resaltar de ACME SA son: i) Bajo nivel de trabajo en equipo entre áreas. ii) Baja adaptación a nuevas metodologías para optimizar los procesos debido a la débil gestión al cambio. iii) Falta de posicionamiento e involucramiento estratégico de tecnología en la empresa. iv) Reprocesos y duplicidad de funciones debido a la existencia de múltiples plataformas para la gestión de la información.

El programa de gestión de ACME SA se basa en el alineamiento de las operaciones con la estrategia de la firma, el seguimiento a la ejecución de los procesos y una revisión periódica del cumplimiento.

ACME SA en un BND que cuenta con dos tipos de clasificación de productos, el primero son los productos financieros, en donde se ubican el redescuento, emisión de títulos, titularizaciones y administración de recursos propios o de terceros. El segundo corresponde a asesoría que se ofrece a los territorios para la gestión de proyectos. El mercado objetivo de la firma en estos productos se encuentra los sectores privado y público.

En términos de cartera, ACME SA tiene una participación de alrededor de un tercio del tamaño de la industria de acuerdo a las últimas cifras de la Superintendencia Financiera de Colombia (2019), lo que posiciona a la firma como una de las más sólidas y con un potencial de crecimiento moderado en el largo plazo.

Para los productos no financieros, ACME SA cuenta con un portafolio compuesto por gestión de proyectos y planificación territorial enfocados en la atención de los departamentos y municipios colombianos y las entidades privadas de materias primas.

Actualmente la penetración de mercado no supera el 30% de los municipios por lo que tiene un gran potencial de expansión y alta rentabilidad.

ACME SA posee los siguientes productos:

- Redescuento: operaciones de crédito para financiación de capital de trabajo, inversión y sustitución de deuda en sectores objetivos y alineados con la estrategia corporativa, canalizando los recursos a través de intermediarios financieros.
- Administración de recursos propios o de terceros: administrar los recursos de entidades públicas y empresas privadas, cuyo destino sea la gestión de pagos o el desarrollo de proyectos sostenibles y de gran impacto en las regiones.

- Inversiones: la firma está en la capacidad de emitir títulos valores y generar titulización de cartera, para atender las necesidades de los clientes.
- Planificación territorial: consiste en consolidación de programas que tienen como objetivo impulsar el desarrollo sostenible de departamentos, municipios y ciudades del país, desarrollando con cada una de ellas, una visión a largo plazo.
- Gestión de proyectos: la firma presta la asesoría y acompañamiento integral en el desarrollo y la ejecución de proyectos y programas de alto impacto.

Estos productos son realmente consistentes con el objeto social de ACME SA ya que están enfocados a satisfacer las necesidades de los territorios en términos de la generación de desarrollo a través del apalancamiento y la asesoría para generar proyectos y programas sostenibles y de impacto.

En dicho sentido, no se identifica una necesidad de creación de productos nuevos, o la modificación de los que actualmente maneja, en razón a que el margen neto es de más de 70 mil millones al cierre de 2019.

1.2. Problemática de la empresa ACME SA

Se identificaron dos problemáticas, que se interrelacionan, dado que se materializan derivado de la falta de unificación y análisis de la información que genera la entidad; estas problemáticas trascienden la firma y se observan también en la industria.

Dentro de sus estrategias corporativas incluyen objetivos asociados a diversificar o ampliar su portafolio para incrementar el desarrollo en los territorios impactados, pero al tratar de puntualizar cuáles son las estrategias para llevar esto a cabo, las alternativas son limitadas, puesto que se basan en medios comunes como analizar la capacidad de endeudamiento del cliente interesado (departamento), generar campañas en donde haya una gran afluencia de potenciales clientes y exponer el producto o participar en eventos masivos, entre otros.

Las estrategias que realiza la compañía no cuentan con un sustento de ningún tipo de información histórica, a fin de potencializar la financiación para desarrollar en mejor proporción los departamentos y regiones colombianas.

Adicionalmente se observa una tendencia en la entidad por no tener centralizada la información, de forma tal que consolidar datos para una presentación de informes o la gestión de clientes supone una gran cantidad de trabajo y esfuerzo por parte de los trabajadores de la entidad.

2. Revisión de literatura

La realización de este estudio requirió de una serie de herramientas estadísticas que facilitaron su desarrollo, entre ellas están la regresión lineal múltiple, el análisis clúster, el análisis por percentiles y de valores absolutos.

2.1. Regresión lineal

De acuerdo con la Universidad de Santiago de Compostela, o bien, la USC (2012), se debe entender por una regresión lineal simple a la acción de explicar “la relación que existe entre la variable respuesta Y y una única variable explicativa X” (p.2).

Mientras que una regresión lineal múltiple, de acuerdo con Montero (2016), se trata de “ajustar modelos lineales (...) entre una variable dependiente y más de una variable independiente. En este tipo de modelos es importante testar la heterocedasticidad, la multicolinealidad y la especificación” (p.1).

Montero (2016) también explica que en “el modelo de regresión lineal múltiple suponemos que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una tercera variable” (p.5).

Así mismo, el autor establece que en “el modelo de regresión lineal múltiple esperamos que los sucesos tengan una forma funcional como: $y_j = b_0 + b_1x_{1j} + b_2x_{2j} + \dots + b_kx_{kj} + u_j$ ” (ídem).

Por su parte, Rojo (2007) señala que los “coeficientes son elegidos de forma que la suma de cuadrados entre los valores observados y los pronosticados sea mínima (...). Esta ecuación recibe el nombre de hiperplano, pues cuando tenemos dos variables explicativas, en vez de recta de regresión” (p.2).

La regresión múltiple ha sido una de las herramientas elegidas para llevar a cabo el presente estudio, lo cual se explica en la metodología.

2.2. Análisis Clúster

Otra de las herramientas elegidas para el desarrollo del presente estudio ha sido el análisis clúster. Para Gallardo (s.f.) este análisis es:

(...) el nombre genérico de una amplia variedad de procedimientos que pueden ser usados para crear una clasificación. Más concretamente, un método clúster es un procedimiento estadístico multivariante que comienza con un conjunto de datos conteniendo información sobre una muestra de entidades e intenta reorganizarlas en grupos relativamente homogéneos a los que llamaremos clústeres. (Gallardo, s.f., p.58)

De acuerdo con Gómez (2002) en el análisis clúster:

(...) la selección inicial de variables determina las características que se usarán para identificar los grupos. Existen fundamentalmente tres métodos de selección de variables: inductivo, deductivo y cognitivo. El primero, en el que ni las variables ni el número de grupos que se espera obtener tienen un nexo con una teoría, es el que más se utiliza en estudios exploratorios. El segundo se apoya en la literatura teórica preexistente. (Gómez, 2002, p.5)

Continúa Gómez (2002) explicando que:

A diferencia del anterior, la consistencia interna de los grupos es mayor, ya que no se incluyen variables irrelevantes que disminuyen la validez de las agrupaciones resultantes. El método cognitivo está muy cercano, en la práctica, al inductivo, ya que no se basa en apreciaciones teóricas (hipótesis), sino que utiliza las predicciones de determinados expertos de la industria para definir las variables. (Gómez, 2002, p.5)

2.3. El análisis por percentiles y valores absolutos

Tal y como lo explica Albarracín (2019) se define:

el percentil de orden k , como la observación P_k , que deja por debajo de sí el $k\%$ de la muestra. Esta definición es similar a la de mediana, pues ya que como efecto de la definición, se puede concluir que $Me = P_{50}$. (Albarracín, 2019, p.19)

Albarracín (2019) también señala que el “percentil se ubica en cualquier lugar de la distribución, por lo tanto, no se puede considerar como una medida de tendencia central, sino más bien como una medida de posición” (Albarracín, 2019, p.19).

Por lo tanto, puede entenderse que un análisis por percentiles está asociado a la ubicación que posee un dato en un lugar en particular y que permite con ello comparar dicha ubicación con el resto de los datos asociados.

Los valores absolutos, por otra parte, nos permiten tener una caracterización directa, aunque no necesariamente comparativa.

2.4. Antecedentes de la temática (estudios previos)

En el año 2015, Luis Rubén Pérez llevó a cabo un estudio relacionado con el tema que se aborda en esta investigación, el cual tituló «Caracterización de las fuentes de financiación para el sector turismo en Santander (Colombia)».

Pérez (2015) se dedicó a estudiar:

(...) las opciones, alternativas y limitaciones financieras que tienen los empresarios del sector turístico de Colombia, y en particular de Santander, para incrementar sus inversiones en infraestructura, productos y comunicaciones, y consigo ser más competitivos durante el próximo quinquenio. Los resultados que se presentan son producto de una investigación descriptiva realizada por el Semillero de Investigación en Turismo Alternativo y Sostenible de la Universidad Industrial de Santander, a partir del contraste estratégico y programático de las 56 organizaciones crediticias seleccionadas como muestra. (Pérez, 2015, p.103)

Así mismo, Matíz y Fracica (2011) llevaron a cabo un estudio titulado «La financiación de nuevas empresas en Colombia, una mirada desde la demanda» en el cual exponen que:

(...) las más comunes barreras para el fomento y desarrollo empresarial se encuentran en la consecución (...) de los recursos financieros necesarios para la consolidación de sus proyectos; durante los últimos años a nivel mundial se han venido consolidando diferentes propuestas y esquemas para la solución de este tipo de situaciones con la generación de alternativas de capital de riesgo, las cuales para el caso colombiano se encuentran en etapa de desarrollo (Matíz & Fracica 2011, p. 118).

Estos antecedentes permiten determinar el contexto en el cual se lleva a cabo la financiación para el desarrollo en general y el despliegue de la actividad de ACME SA en particular, lo que proporciona una visión retrospectiva de la temática que aborda este estudio.

3. Objetivo del estudio

El objetivo principal de este estudio no es otro que proporcionar una caracterización actualizada de las inversiones de la firma ACME SA, en función de los departamentos y regiones del país, estableciendo para tal efecto las inversiones vinculadas con: (i) cada departamento de Colombia; (ii) cada región del país (Amazónica, Andina, Caribe, Orinoquía y Pacífica); (iii) departamentos conforme con los cuartiles de competitividad; (iv) departamentos conforme a los cuartiles de la contribución al producto interno bruto (PIB); y, finalmente (v) departamentos conforme a cuartiles de población de Colombia.

4. Justificación

Este estudio se justifica, principalmente, porque persigue brindar una herramienta fundamentada para la toma de decisiones, como base en el direccionamiento de la estrategia (fundamentalmente financiera) para la priorización del desarrollo a través de indicadores de relevancia como son el PIB, la población y la competitividad.

5. Metodología

Como primera medida, se procedió a determinar y mapear qué información estaba disponible, para la construcción de la caracterización con los supuestos establecidos y datos relevantes, para analizar la financiación en los territorios, encontrando los siguientes datos: (1) La Financiación por medio de créditos de redescuento del BND ACME SA de los últimos 8 años, siendo la información con calidad de datos más completa. (2) PIB a nivel corriente para el periodo 2010-2018, el cual es calculado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), entidad encargada de la producción y comunicación de información estadística de Colombia. (3) Población por departamento, dato obtenido del último censo realizado por el DANE en el 2018. (4) El índice de competitividad departamental calculado por el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario (2018).

Una vez organizados los datos, se procedió a aplicar técnicas estadísticas de reconocido valor técnico, con el fin de sintetizar la información y obtener una caracterización asertiva del periodo de tiempo seleccionado. En la revisión de literatura se abordó el tema de justificación de las medidas estadísticas directas utilizadas (análisis de percentiles, análisis por clusters o agrupamientos derivados, tales como segmentación en valores bajos, moderado bajos, moderados altos y altos). Estas pruebas fueron completadas con modelos de regresión lineal; esto último con el fin de identificar tendencias en el comportamiento de las variables.

Dentro del proceso estadístico, la primera técnica realizada fue la agrupación clúster. Luego se realizó una caracterización en porcentajes poniendo énfasis en los valores absolutos y porcentajes en las regiones en función de la inversión que recibían de ACME SA, en su contribución al PIB y los porcentajes y valores absolutos de la población.

Luego se hizo una caracterización en función de los grupos o análisis de clúster que surgían de los percentiles; estos fueron divididos en cuartiles. Esta caracterización de los percentiles por departamentos se realizó en función de la competitividad, de la contribución de los departamentos al PIB y de la población. Se observó que los cuartiles resultantes fueron bajo, moderado bajo, moderado alto y alto; los de moderado alto y alto sobrepasaban el promedio y los demás estaban bajo los promedios. Se caracterizó la inversión, el porcentaje PIB, población y competitividad entre sí, para determinar si existían o no coeficientes de regresión lineal. Finalmente se colocaron a las regiones como variables o dummy variables agrupando los departamentos dentro de las regiones cada región y asignando variables cualitativas (para obtener un modelo de regresión múltiple) en función de la inversión por regiones de ACME SA. Como variable dependiente y luego como variable independiente o exógena, de acuerdo con cada una de las 5 regiones en las que se dividió Colombia. La naturaleza de los datos y los fines de la investigación, dados los acotamientos metodológicos hicieron que, en la formulación e implementación del estudio, esas fueran las pruebas estadísticas consideradas pertinentes.

5.1. Formular, evaluar y registrar las alternativas de acción

Dada la problemática de la empresa se planteó la elaboración de una caracterización que actualice el conocimiento de la inversión que ha realizado ACME SA desde 2010, en función de los departamentos y regiones de Colombia, teniendo en cuenta el comportamiento de indicadores económico-sociales de los territorios, tales como el PIB departamental a nivel corriente, la población y la competitividad.

Esta caracterización pretendió convertirse en una herramienta para que la alta dirección pueda tomar decisiones fundamentadas en datos reales y robustecer las estrategias para priorizar la cobertura a nivel nacional.

Como segunda alternativa se propuso crear un tablero de control a través de una herramienta de analítica de datos, en donde confluyan todas las aplicaciones de la entidad y que se alimente de las bases públicas a fin de parametrizar informes sobre los impactos en los territorios.

5.2. Indicadores financieros.

Para el análisis financiero de los BND se utilizó como fuente el último informe publicado por la Superintendencia Financiera de Colombia (2019) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2020a,b), como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales cuentas de las instituciones oficiales especiales.

ENTIDADES	Activo	Pasivos	Patrimonio	Utilidades
BANCOLDEX	\$ 8.863.144	\$ 7.317.512	\$ 1.545.632	\$ 113.941
FINDETER	\$ 9.777.872	\$ 8.572.121	\$ 1.205.751	\$ 57.139
FDN	\$ 4.476.935	\$ 2.709.690	\$ 1.767.245	\$ 113.312
FINAGRO	\$ 10.934.109	\$ 9.861.752	\$ 1.072.357	\$ 96.501
Total	\$ 34.052.060	\$ 28.461.075	\$ 5.590.985	\$ 380.893

Cifras en millones de pesos.

Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia (2019).

Al analizar la información financiera de los BND, en donde se observó que la mayor participación en activos está dada por Finagro con un 32% del total, seguido de Findeter con un 29%.

Con relación a los pasivos, la relación se repite de la misma forma, en donde repunta Finagro y Findeter, con una relación de 35% y 30% respectivamente.

Analizados los indicadores financieros que usualmente se utilizan para medir estas entidades, se observó que Finagro posee una alta rentabilidad, en comparación con el patrimonio que tiene (ROE) con un 9%, seguido de Bancoldex con 7,37%.

Al realizar una revisión sobre el estado de la cartera, se observa que la misma se concentra en un porcentaje mayor al 98% en tipo A, lo que indica que los recursos colocados por estas entidades no representan un riesgo que afecte la continuidad de éstas.

Así mismo, las técnicas utilizadas se caracterizan por ofrecer resultados que aportan a la construcción de históricos comparables que subsanen parte de las problemáticas estudiadas. Para tal efecto se han llevado a cabo análisis de los datos tanto internos como externos de la compañía: se identificó que 8 años es una base de datos que podía aportar valor en cuanto a identificar tendencias.

6. Resultados y discusión

Para la estructuración de la caracterización y con base en la información se establecieron los siguientes análisis distribuidos de la siguiente forma.

6.1. Inversión de ACME SA por cuartiles y su contribución al PIB de Colombia

En la Tabla 2 se evalúa la relación existente entre el PIB por cuartiles y la inversión donde se identifica que en el cuartil más bajo (entre 0% y 25%) está la mayor concentración de contribución al PIB, es decir 29 departamentos le aportan al PIB nacional menos del 5,97%; este cuartil tiene una inversión por parte de Acme S.A de 8.289 miles de millones que representan el 44% de la inversión total, donde el 13% de este 44% corresponde al departamento Atlántico. Esto se complementa con la Tabla 3.

Tabla 2. Inversión de ACME SA por cuartiles y su contribución al PIB de Colombia.

Nivel	Percentiles	Departamento	Inversión (miles de Millones)	Participación de la inversión por departamento	Participación del PIB por departamento
Bajo	0 - 0,25		\$ 8.587	43,42%	43,63%
		Amazonas	\$ 3	0,02%	0,08%
		Arauca	\$ 238	1,21%	0,51%
		Atlántico	\$ 2.288	11,57%	4,43%
		Bolívar	\$ 955	4,83%	3,60%
		Boyacá	\$ 226	1,14%	2,69%
		Caldas	\$ 402	2,03%	1,61%
		Caquetá	\$ 25	0,13%	0,40%
		Casanare	\$ 330	1,67%	1,61%
		Cauca	\$ 75	0,38%	1,79%
		Cesar	\$ 312	1,58%	2,06%
		Chocó	\$ 4	0,02%	0,39%
		Córdoba	\$ 403	2,04%	1,70%
		Cundinamarca	\$ 794	4,01%	5,98%
		Guainía	\$ 1	0,00%	0,04%
		Guaviare	\$ -	0,00%	0,00%
		Huila	\$ 155	0,78%	1,61%
		Guajira	\$ 18	0,09%	1,14%
		Magdalena	\$ 566	2,86%	1,34%
		Meta	\$ 321	1,62%	3,65%
		Nariño	\$ 251	1,27%	1,51%
		Norte De Santander	\$ 348	1,76%	1,54%
		Putumayo	\$ 25	0,13%	0,41%
		Quindío	\$ 61	0,31%	0,80%
		Risaralda	\$ 410	2,07%	1,62%
		San Andrés	\$ 96	0,49%	0,15%
		Sucre	\$ 68	0,34%	0,84%
		Tolima	\$ 213	1,08%	2,15%
		Vaupés	\$ -	0,00%	0,00%
		Vichada	\$ -	0,00%	0,00%
Bajo Moderado	0,25 - 0,5		\$ 3.709	18,75%	16,20%
		Santander	\$ 1.704	8,61%	6,47%
		Valle Del Cauca	\$ 2.005	10,14%	9,73%
Alto Moderado	0,5 - 0,75		\$ 2.635	13,32%	14,51%
		Antioquia	\$ 2.635	13,32%	14,51%
Alto	0,75 - 1		\$ 4.847	24,51%	25,65%
		Bogotá, D.C.	\$ 4.847	24,51%	25,65%
			\$ 19.778	100%	100%

Fuente: Elaboración de este estudio a partir de los datos de inversión de ACME SA y el PIB DANE (2020b).

Tabla 3. Consolidación Inversión de ACME SA por cuartiles y su contribución al PIB de Colombia.

NIVEL	PERCENTILES	Nº DE DEPARTAMENTOS
BAJO	0 – 0,25	29
BAJO MODERADO	0,25 – 0,50	2
ALTO MODERADO	0,50 – 0,75	1
ALTO	0,75 – 1	1

Fuente: Elaboración a partir de los datos del PIB DANE (2020b).

En el cuartil bajo moderado (25% al 50%) solamente se ubican los departamentos Santander y Valle del Cauca, quienes tienen una inversión de 3.709 miles de millones, que representa el 18% de la inversión total de ACME SA; en el cuartil alto moderado se encuentra Antioquia con el 13% de la inversión total y en el cuartil alto (superior a 75%) se encuentra solamente Bogotá. Por lo anterior se identifica relación directa entre el PIB y la inversión de ACME SA ya que la inversión de ACME SA está alineada con el aporte de cada departamento al PIB, excepto en el caso de Atlántico quien tiene una inversión alta en contraste con su aporte.

6.2. Población en percentiles por departamentos

En la Tabla 4 se relaciona la población departamental por percentiles y su respectivo aporte a la población nacional, en los tres primeros lugares se encuentran los mismos departamentos que el PIB; Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca tienen el 38% en conjunto de la población nacional y los departamentos que menor población aportan a la población nacional son San Andrés, Guainía y Vaupés, con un 0,1% cada uno, lo que también es concordante con su aporte al PIB.

Tabla 4. Población en percentiles por departamentos.

Región	Departamento	Población	% Población	Percentil
Andina	Bogotá, D.C.	7.412.566	15%	100,0%
Andina	Antioquia	6.407.102	13%	86,4%
Pacífica	Valle Del Cauca	4.475.886	9%	60,2%
Andina	Cundinamarca	2.919.060	6%	39,0%
Caribe	Atlántico	2.535.517	5%	33,8%
Andina	Santander	2.184.837	5%	29,1%
Caribe	Bolívar	2.070.110	4%	27,5%
Caribe	Córdoba	1.784.783	4%	23,7%
Pacífica	Nariño	1.630.592	3%	21,6%
Andina	Norte De Santander	1.491.689	3%	19,7%
Pacífica	Cauca	1.464.488	3%	19,3%
Caribe	Magdalena	1.341.746	3%	17,6%
Andina	Tolima	1.330.187	3%	17,5%
Andina	Boyacá	1.217.376	3%	16,0%
Caribe	Cesar	1.200.574	2%	15,7%
Andina	Huila	1.100.386	2%	14,4%

Orinoquía	Meta	1.039.722	2%	13,6%
Andina	Caldas	998.255	2%	13,0%
Andina	Risaralda	943.401	2%	12,2%
Caribe	Sucre	904.863	2%	11,7%
Caribe	Guajira	880.560	2%	11,4%
Andina	Quindío	539.904	1%	6,8%
Pacífica	Chocó	534.826	1%	6,7%
Orinoquía	Casanare	420.504	1%	5,2%
Amazónica	Caquetá	401.849	1%	4,9%
Amazónica	Putumayo	348.182	1%	4,2%
Orinoquía	Arauca	262.174	1%	3,0%
Orinoquía	Vichada	107.808	0%	0,9%
Amazónica	Guaviare	82.767	0%	0,6%
Amazónica	Amazonas	76.589	0%	0,5%
Caribe	San Andrés	61.280	0%	0,3%
Amazónica	Guainía	48.114	0%	0,1%
Amazónica	Vaupés	40.797	0%	0,0%
		48.258.494	100%	

Fuente: Elaboración a partir de los datos de la población DANE (2020b).

6.3. Inversión de ACME SA por cuartiles de población por departamento

La Tabla 5 representa la relación que existe entre la población por cuartiles y la inversión de ACME SA. En el cuartil Bajo (0% a 25%) se encuentran 26 departamentos con población inferior a 1.784.783 habitantes de los 48 millones que tiene el territorio nacional, en el cual ACME SA invierte el 23% de su inversión total, es decir, se invierte tan solo del 23% al 79% de los departamentos que aunque su población es inferior tienen baja inversión per cápita.

Tabla 5. Inversión de ACME SA por cuartiles de población por departamento.

Nivel	Percentiles	Departamento	Inversión (miles de Millones)	Participación de la inversión por departamento	Participación de la Población por departamento
Bajo	0 - 0,25		\$ 4.550	23,0%	41,7%
		Amazonas	\$ 3	0,0%	0%
		Arauca	\$ 238	1,2%	1%
		San Andrés	\$ 96	0,5%	0%
		Boyacá	\$ 226	1,1%	3%
		Caldas	\$ 402	2,0%	2%
		Caquetá	\$ 25	0,1%	1%
		Casanare	\$ 330	1,7%	1%

Cauca	\$	75	0,4%	3%	
Cesar	\$	312	1,6%	2%	
Chocó	\$	4	0,0%	1%	
Córdoba	\$	403	2,0%	4%	
Guainía	\$	1	0,0%	0%	
Guaviare	\$	-	0,0%	0%	
Huila	\$	155	0,8%	2%	
Guajira	\$	18	0,1%	2%	
Magdalena	\$	566	2,9%	3%	
Meta	\$	321	1,6%	2%	
Nariño	\$	251	1,3%	3%	
Norte De Santander	\$	348	1,8%	3%	
Putumayo	\$	25	0,1%	1%	
Quindío	\$	61	0,3%	1%	
Risaralda	\$	410	2,1%	2%	
Sucre	\$	68	0,3%	2%	
Tolima	\$	213	1,1%	3%	
Vaupés	\$	-	0,0%	0%	
Vichada	\$	-	0,0%	0%	
Bajo Moderado	0,25 - 0,5	\$	5.741	29,0%	20,2%
Atlántico	\$	2.288	11,6%	5%	
Bolívar	\$	955	4,8%	4%	
Cundinamarca	\$	794	4,0%	6%	
Santander	\$	1.704	8,6%	5%	
Alto Moderado	0,5 - 0,75	\$	2.005	10,1%	9,3%
Valle Del Cauca	\$	2.005	10,1%	9%	
Alto	0,75 - 1	\$	7.482	37,8%	28,8%
Antioquia	\$	2.635	13,3%	13%	
Bogotá, D.C.	\$	4.847	24,5%	15%	
		\$	19.778	100%	100%

Fuente: Elaboración de este estudio a partir de los datos de inversión de ACME SA y población DANE (2020a).

En el cuartil «bajo moderado» (25% al 50%) están los departamentos Atlántico, Bolívar, Cundinamarca y Santander, obtiene una inversión del 30% del total de ACME SA, porcentaje superior al que tienen los del primer cuartil, es decir que ACME SA invierte 5.527 miles de millones a departamentos que tienen entre 2 millones y 3 millones de habitantes. En el tercer cuartil (50% al 75%) solamente se ubica el Valle del Cauca con una población de 4.5 millones de habitantes el cual tiene el 10% de la inversión total de ACME SA.

Por último, en el cuarto cuartil (75% al 100%) se encuentran Antioquia y Bogotá, quienes tienen la mayor población de Colombia y cuentan con la mayor inversión por parte de ACME SA, con el 37% de la inversión total. Es decir, que la mayor inversión se concentra en los departamentos que más habitantes tienen. Es importante mencionar que la inversión per cápita no cuenta con el mismo

comportamiento: lo anterior se sustenta que en el lapso de tiempo de 2010 a 2018 la inversión per cápita más alta ha sido en San Andrés con 1,2 millones de inversión por habitante, seguido de Atlántico que no supera los 930.000; en el caso de los departamentos con mayor número de habitantes como Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca, no superan los 600.000 por habitante, es decir que la inversión en el territorio con más habitantes debe ser más alta para que el beneficio sea superior por habitante (Tabla 5).

6.4. Matriz de correlaciones

Se identificaron las correlaciones lineales que había entre la inversión y cada uno de los departamentos, en función al PIB, la inversión en función de la población y la inversión en función de la competitividad y luego se determinaron las correlaciones lineales entre la población y su contribución al PIB, competitividad PIB y población competitividad.

Se identificó que la correlación es altamente significativa si se toma en cuenta la inversión que realiza la empresa y su relación con el porcentaje de PIB, es decir, que la inversión que hace ACME SA está estrechamente ligada en un 0,9 de correlación lineación con los departamentos que más contribuyen al PIB; donde más coloca inversión la empresa es en aquellos departamentos que contribuyen al PIB y en la medida que el departamento contribuye menos al PIB hay menos inversión.

Lo mismo se puede decir de la inversión en función de la población: cuando los departamentos son más poblados reciben más inversión de ACME SA, con un 0,92 de coeficiente de correlación, y la inversión tiene un grado de correlación lineal de 0,6, relativamente más débil que el altamente significativo (0,9 para arriba), es decir, un 0,6 la inversión en función de la competitividad, es decir, que aunque es significativa, no es altamente significativa, pero a medida que ACME SA realiza una mayor inversión está correlacionada con la mayor competitividad de los departamentos.

Como pruebas complementarias se tiene que los departamentos que más población tienen son altamente significativos con un 0,95% de contribución al PIB, lo que era totalmente esperable. Pero es interesante notar que en la medida que los departamentos son más competitivos, su contribución al PIB es relativamente alta con un 0,64, pero no tiene coeficientes demasiados altos de 0,9.

También a medida que los departamentos tienen población tienden a ser más competitivos, aunque el coeficiente de correlación no es altamente significativo (0,9) sino que es 0,69 (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de Correlaciones.

	Inversión	% PIB	Población	Competitividad
Inversión	-	-	-	-
% PIB	0,951257	-	-	-
Población	0,921737	0,951033	-	-
Competitividad	0,645754	0,645119	0,697017	-

Fuente: Elaboración a partir de los datos de inversión de ACME SA, PIB y población DANE (2020), junto a los datos de Competitividad del Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario (2018).

6.5. Inversiones por modelo de regresión múltiple en función de regiones de la inversión de ACME SA, 2010-2018

En la ecuación 1 se identifica la regresión múltiple colocando como variables independientes las regiones del país. Estas variables también llamadas *dummy* variables, son variables cualitativas, es

decir, que tienen un determinado peso sobre la inversión que hacía ACME SA en función de cada una de las regiones en las que se dividía Colombia: Andina, Caribe, Amazónica, Orinoquia y Pacífica.

En dicha ecuación, se tienen los coeficientes que están acompañados del exponente 11 o 12; adicionalmente cuentan con el coeficiente que le corresponde a cada región (valores de la prueba o del estadístico de *t- student*) y mediante los asteriscos podemos denotar si son significativos o no. En dicho sentido con un 90% de certeza, es decir, un 10% de error la región Orinoquia es significativa en cuanto a recibir los fondos de ACME SA y es muy altamente significativa la región Andina que es la región que hemos visto que concentra el 55% de la población; de igual forma esta misma región resulta ser significativa con un 1% de error, es decir, 99% de certeza.

$$Inversión\ Región = 3,32^{***}(Exp^{12})Andina + 0,02(Exp^{11})Amazonica + 1,65(Exp^{11})Caribe + 0,44*(Exp^{11})Orinoquia + 1,11(Exp^{11})Pacífica \quad [1]$$

6.6. Plan y recomendaciones de implementación y aplicación

A continuación, se presentan las recomendaciones para focalizar la inversión de ACME SA, fundamentadas en la caracterización realizada por departamento y por las regiones de Colombia:

6.6.1. Potencialización de la inversión por departamento

La inversión acumulada tiene una correlación positiva del 0.9512 con el PIB departamental a nivel corriente como se muestra en la Tabla 6. En dicho sentido, si el BND ACME SA desea generar estrategias para potencializar el aporte que podrían generar los departamentos al PIB nacional, debería iniciar gestiones y focalizar en mayor medida su inversión en las siguientes jurisdicciones, esto teniendo en cuenta los datos relacionados en la Tabla 3 en donde su inversión es más baja que la participación que estos generan en el PIB colombiano (Tabla 7).

Tabla 7. Departamentos para potencializar inversión por PIB.

DEPARTAMENTO			
Bogotá, D.C.	Sucre	Nariño	La Guajira
Antioquia	Cauca	Boyacá	Chocó
Cundinamarca	Quindío	Tolima	Amazonas
Meta	Caquetá	Huila	Guainía
Casanare	Putumayo		

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, sin perjuicio a generar una estrategia para mantener su participación en las jurisdicciones que más aportan al PIB y en donde la inversión presenta una distribución equilibrada, como lo es en Valle del Cauca y Santander.

Por otro lado, si el BND ACME SA desea potencializar la inversión per cápita a nivel nacional y teniendo en cuenta que también presenta una correlación positiva del 0,9217 como se muestra en la Tabla 6, debería generar estrategias para canalizar la inversión a la siguiente relación de departamentos, dado que como se muestra en la Tabla 5, la densidad poblacional es alta y la inversión está rezagada en relación a ésta utilizando las ponderaciones como método de comparación (Tabla 8).

Tabla 8. Departamentos para potencializar inversión por población.

DEPARTAMENTO			
Cundinamarca	Huila	Córdoba	Putumayo
Magdalena	Sucre	Meta	La Guajira
Cesar	Cauca	Nariño	Chocó
Norte de Santander	Quindío	Boyacá	Amazonas
Caldas	Caquetá	Tolima	Guainía

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, sin perjuicio a continuar invirtiendo en departamentos como Antioquia y Valle del Cauca, debido a que cuentan con una alta densidad poblacional y su inversión está equilibrada.

Si, por otro lado, ACME SA desea impactar positivamente la competitividad dada su correlación positiva del 0,6457 con la inversión como se muestra en la Tabla 6, la compañía debería invertir en la potencialización de los departamentos descritos en la Tabla 5 ubicados en el cuartil denominado bajo de competitividad seguido de los que se ubican en el cuartil bajo moderado (Tabla 9).

Tabla 9. Departamentos para potencializar inversión por competitividad.

BAJO	BAJO MODERADO		
Arauca	Bolívar	Huila	Sucre
Caquetá	Boyacá	Magdalena	Tolima
Chocó	Cauca	Meta	Casanare
Guajira	Cesar	Nariño	Norte de Santander
Putumayo	Córdoba	Quindío	

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior no limita, a continuar realizando inversión en los departamentos altamente competitivos como lo son Bogotá, Antioquia, Atlántico, Caldas, Cundinamarca, Risaralda, Santander y Valle del Cauca.

Y, por último, si ACME SA desea impactar los tres aspectos (PIB, inversión per cápita y competitividad), debe enfocar sus esfuerzos en la siguiente relación de departamentos; en dicho sentido se considera que estos representan la máxima potencialización de los indicadores económico-sociales derivada de la caracterización realizada y la inversión actual del BND ACME SA (Tabla 10).

Tabla 10. Departamentos para potencializar la inversión y que impactarían positivamente el PIB, inversión per cápita y población.

DEPARTAMENTO	
Meta	Cauca
Nariño	Quindío
Boyacá	Caquetá
Tolima	Putumayo
Huila	Chocó
Sucre	

Fuente: Elaboración propia.

6.6.2 Potencialización de la inversión por región de Colombia

Una vez analizada la inversión de ACME SA, la participación consolidada del PIB, la población total y la competitividad promedio, agrupada por las 5 regiones colombianas, se identifica que el BND debería enfocar sus estrategias de inversión en las regiones Amazónica y Pacífica, sustentado en lo siguiente: en la región Amazónica y Pacífica, ACME SA tiene una inversión acumulada inferior, en relación con el aporte consolidado al PIB y la densidad de población colombiana; esta situación, sumada a la correlación positiva que se presenta entre las variables inversión - PIB e inversión - población, contribuirá de gran forma a la potencialización de estos indicadores económico-sociales.

Adicionalmente, la región Amazónica y Pacífica presentan una competitividad promedio ubicada en el cuartil bajo y moderado respectivamente, por lo que aprovechar la correlación positiva que también existe en este aspecto, dinamizaría el crecimiento de esta variable.

De igual forma, una vez analizado el comportamiento de la región Andina, a través de la regresión multivariada, se identifica que existe una alta relación entre los indicadores económico-sociales analizados con la inversión, por lo que también se sugiere mantener el posicionamiento en dicha región de forma activa.

7. Conclusiones

En conclusión, una caracterización es una herramienta que genera fundamentos sólidos para la creación de estrategias de direccionamiento sobre la inversión de un BND, debido a que una vez construida con variables de alta relevancia en los territorios y contrastada con datos internos como lo es la inversión, permite de forma activa y sustentada identificar en dónde se deben focalizar los recursos según la alineación con el objeto social y la estrategia interna de la compañía.

Es decir, si el propósito del BND es que las grandes ciudades sigan repuntando y manteniendo su aporte a la economía nacional, sus esfuerzos e inversión deben ir encaminada a ello. Se debe identificar, a través de la caracterización, qué ciudades presentan indicadores rezagados y, partiendo de ello, generar estrategias tempranas para corregir esa tendencia. También deberán hacer esto si, por otro lado, lo que busca es contribuir a que los departamentos con aportes poco significativos a los indicadores macro económico y sociales, crezcan y puedan con ello impulsar su contribución.

Basado en lo anterior, es relevante mencionar que la carencia de datos y su procesamiento promueve que la inversión se realice desarticuladamente y que la misma pueda no contribuir al objeto social, a la estrategia corporativa, los planes de gobierno o a las necesidades de los territorios.

Una de las contribuciones de este estudio, en términos metodológicos, consiste en la aplicación de instrumentos estadísticos como lo son el análisis por percentiles, valores porcentuales, correlaciones, entre otros. Estas aplicaciones pueden considerarse en metodologías que permitan estudios comparativos.

8. Implicaciones gerenciales

Las principales implicaciones gerenciales que este estudio aporta se encuentran presentes en la sustentación de la toma de decisiones y el establecimiento de estrategias en indicadores como el PIB, la población y la competitividad. Esto permite precisar el grado de inversión y ajustar las previsiones asociadas al riesgo.

9. Limitaciones

Es importante destacar que se ha otorgado un seudónimo a la empresa objeto de estudio, llamándola ACME SA. Esto responde a una solicitud expresa de la firma mediante la que se restringió el uso del nombre real, pero permitió la utilización de los datos facilitados por ella.

Adicionalmente, el estudio ha sido realizado entre los años 2010 y 2018 debido a que los datos suministrados por la empresa corresponden a ese periodo.

Referencias

- Albarracín, A. (2019). *Análisis e interpretación de las medidas descriptivas con estudiantes de ciclo V mediante el trabajo por proyectos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77997/TESIS%20VF_F.pdf
- Banco de la República (julio-diciembre de 2018). *Reporte de Estabilidad Financiera*. <https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/9536/reporte-estabilidad-financiera-segundo-semester-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, R. (2005). *La Banca de Desarrollo en América Latina. Financiamiento para el desarrollo. Serie 157*, 1-44. <http://hdl.handle.net/11362/5138>
- COLPROCE (14 de agosto de 2012). *La banca de desarrollo: perspectiva para el crecimiento del agro*. <https://www.bcr.gov.sb/bcrsite/uploaded/content/category/1304062868.pdf>
- Consejo Privado de Competitividad & Universidad del Rosario (2018). *Índice Departamental de Competitividad 2018*. Bogotá: CPC.
- DANE (2012). *Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas*. https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIU_Rev4ac.pdf
- DANE (2020a). *Censo Nacional*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- DANE (2020b). *PIB por departamento*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- Gallardo (s.f.). *Introducción al análisis clúster. Consideraciones generales*. <https://www.ugr.es/~gallardo/pdf/cluster-g.pdf>
- Gómez, M. (2002). El análisis clúster en investigación de marketing: Metodología y Crítica. *Universidad Autónoma de Madrid*, 1-21. https://www.researchgate.net/publication/283070714_EL_ANALISIS_CLUSTER_EN_INVESTIGACION_DE_MARKETING_METODOLOGIA_Y_CRITICA
- Kulfas, M. (2018). *Banca de desarrollo e inclusión financiera de las pequeñas y medianas empresas, Financiamiento para el desarrollo. Serie 269*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Matíz, F.J., & Fracica, G. (2011). La financiación de nuevas empresas en Colombia, una mirada desde la demanda. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 70, 118-130. <https://doi.org/10.21158/01208160.n70.2011.538>

- Montero, R. (2016). *Modelos de regresión lineal múltiple*. Universidad de Granada. España: Documentos de Trabajo en Economía Aplicada.
- Ocampo, J.A., Arias, P., & Torres, J.D. (2018). La banca nacional de desarrollo en Colombia. *Ensayos sobre Política Económica (ESPE)*. <https://doi.org/10.32468/espe.88>
- Pérez, L.R. (2015). Caracterización de las fuentes de financiación para el sector turismo en Santander (Colombia). *Turismo y Sociedad*, *XVII*, 103-126. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/tursoc/article/view/4446/5051>
- Rojo, J.M. (2007). Regresión Lineal Múltiple. *Laboratorio de Estadística*, 1-31. http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/Regresion_lineal_multiple_3.pdf
- Superintendencia Financiera de Colombia (2019). *Actualidad del Sistema Financiero Colombiano*. <https://www.superfinanciera.gov.co/publicacion/10102799>
- Universidad de Santiago de Compostela (USC) (2012). *Regresión Lineal Simple*. http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.pdf



Net flow rates versus roll rates as non-performing consumer loans forecasting methodologies

FRANCISCO DE ASÍS DE RIBERA MARTÍN

Universidad Pontificia Comillas (España)

Correo electrónico: fadribera@comillas.edu

ABSTRACT

Roll rates and net flow rates can be seen as the evolution of ageing of accounts receivable and Markov chains. They are accepted methodologies to model the behavior of non-performing consumer loans by buckets and to predict losses, but we find that quite often they are wrongly used as interchangeable concepts, although roll rates track individual accounts across buckets in consecutive months and net flow rates just compare consecutive buckets in consecutive months. We determine their matrices of transition probabilities and analyze them in both stationary and steady-state conditions. Net flow rates have many advantages over roll rates, but a quite important finding for financial institutions and supervisors is that historical flow rates are not conservative for forecasting: when the level of new delinquencies soars, contemporary flow rates will tend to be lower than they would be in steady-state conditions, creating a feeling of false confidence and leading to the underestimation of future losses.

Keywords: roll rates, net flow rates, consumer credit risk, non-performing loans, default, delinquency, expected loss.

JEL classification: C53, E58, G21, G28.

MSC2010: 15B99, 60J20, 91G40.

Net flow rates frente a roll rates como metodologías de predicción en préstamos al consumo morosos

RESUMEN

Las *roll rates* y las *net flow rates* pueden verse como la evolución de las *ageing of accounts receivable* y las cadenas de Markov. Son metodologías aceptadas para modelizar el comportamiento de los préstamos al consumo morosos por buckets y para predecir pérdidas, pero nos encontramos que con bastante frecuencia se usan incorrectamente como conceptos intercambiables, aunque las *roll rates* siguen cuentas individuales a través de los buckets en meses consecutivos y las *net flow rates* solo comparan buckets consecutivos en meses consecutivos. Determinamos sus matrices de probabilidades de transición y las analizamos en condiciones estacionarias y de estado estable. Las *net flow rates* tienen muchas ventajas sobre las *roll rates*, pero un hallazgo bastante importante para las instituciones financieras y los supervisores es que las *net flow rates* históricas no son conservadoras para hacer predicciones: cuando el nivel de nuevos impagos se dispara, las *net flow rates* contemporáneas tenderán a ser más bajas de lo que serían en condiciones de estado estable, creando un sentimiento de falsa confianza y llevando a la subestimación de las pérdidas futuras.

Palabras clave: roll rates; net flow rates; riesgo de crédito al consumo; morosidad; impagos; pérdida esperada.

Clasificación JEL: C53, E58, G21, G28.

MSC2010: 15B99, 60J20, 91G40.



1. Introduction

Consumer credit risk management requires predicting delinquency ageing and collections when delinquency occurs. Dynamic modeling using flows is a normal approach to predict how loans will behave, although there are several methods (Rosenberg & Gleit, 1994, pp. 603-604).

Ageing of Accounts Receivable could be considered the precursor of all the other methods. It worked in a very simple way and it was being used to manage accounts receivable in retail outlets in the 50s. It used to take all high-balance accounts and a sample of low-balance accounts and then divided their dollar value into five categories: 0 to 2 months, 2 to 4 months, 4 to 6 months, 6 to 10 months, and over 10 months old. This let them estimate the real figures in each category, and in turn, these figures allowed them to determine the amount of the allowance for uncollectibles using loss expectancy rates (similar to LGD) to each of the age groups (Cyert & Trueblood, 1957, pp. 185-190). These seemed sufficient in times where no computers and no electronic databases were available.

Later on, the ageing of accounts receivable method evolved towards Markov Chains thanks to the seminal work of Cyert, Davidson and Thompson (1962) and Cyert and Thompson (1968). As with the ageing of accounts receivable, this method was initially designed to estimate allowances for doubtful accounts. But it would soon be employed by the financial institutions to estimate losses for loans. There is a clear parallel between the customer's due balance and the outstanding of a loan, between a new purchase charge by a customer and a new installment of a loan. With this in mind, there are two possible approaches: the total balance method or the partial balance method (Cyert, Davidson, & Thompson, 1962, p. 290). The total balance method is the appropriate method to use for loans. We must always take the total outstanding of the loan (or loans of the borrower with that lender) with the oldest due date instead of taking the overdue amounts with their correspondent due dates separately.

A Multi-State Markov (MSM) model uses a discrete-time Markov chain which is a sequence of random transitions to a different state in which the probability of each transition depends only on the previous state. So, this process is assumed to be non path-dependent (i.e. has no memory of older states), but it can be dependent on covariates from individuals or management strategies. The states are either temporary or absorbent, depending on the possibility to further migrate to other states or not.

There is a lot of discretion to choose the set of possible states. The set of states proposed by Cyert, Davidson and Thompson (1962, pp. 288-290) included $n+2$ states for a given time i : n temporary states for n age categories (0 to express being "current", and j from 1 to $n-1$ to express j periods past due), and two absorbent states for "paid" and for "bad debt" (n or more periods past due). A simpler set may only include "current", "delinquent", "bad debt" and "paid". In any case, it would be advisable to add a new state called "prepaid", separate from the "paid" state, if we are dealing with loans (Stretton & Burra, 2011).

The matrix of transition probabilities (also known as "[Markovian probability] transition matrix", "migration matrix", "matrix of transition rates between statuses", "delinquency movement matrix" (DMM), "roll rate matrix" or "net flow matrix") compiles all transition probabilities among the states from time i to time $i+1$, and it is usually built with historical data, being assumed to be constant over time. Arranging firstly the two absorbing states and then the remaining transient states for the age categories (0, 1, ..., $n-1$ periods past due), the transition matrix, P , can be partitioned (1962, p. 293) as:

$$P = \begin{bmatrix} I & 0 \\ R & Q \end{bmatrix} \quad [1]$$

where I is 2×2 and Q is $n \times n$.

Additionally, N is the fundamental matrix of the absorbing Markov chain.

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} Q^k = (I - Q)^{-1} \quad [2]$$

given that:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} Q^k = 0 \quad [3]$$

Besides, B_i is the n -component vector at time i with the dollar amount in each age category.

And $N \cdot R$ (which is $n \times 2$) gives “the probabilities of dollars in each of the age categories being paid” (first column) and “the probabilities of becoming bad debts” (second column), which are the loss expectancy rates. And $B \cdot N \cdot R$ is a 2-component vector with the expected payments and bad debts.

To all that has been said, we should add that in the case of a discrete-time period equal to the age categories period (e.g. the state is considered to change monthly and the age categories are measured in terms of months too), Q must be a triangular matrix plus one additional supradiagonal (and so does P), since it is obvious that accounts receivable (or loans) cannot be delayed faster than the passage of time; this is in theory, but in practice it could happen that a payment has been missed and the lender was not aware of it, or even a payment has been retroactively missed (e.g. direct debit late rejection), so some amounts may suddenly pop up in advanced states. On the other hand, using an identity matrix for the absorbing states means that any recovery since reaching an absorbing state will be obviated, which is not very realistic. Finally, all elements of the diagonal of Q (or P , in general) correspond to the stayers and all the other elements of the matrix to the movers (in the case of the elements of the additional supradiagonal they represent the forward-movers).

This method has some limitations. As a method based on historical data it ignores changing economic conditions. But it also has some flexibility. Cyert, Davidson and Thompson also pointed out that it is also possible to follow the transitions of accounts rather than account balances (1962, p. 290). And So and Thomas also suggested a different usage of Markov chain models taking the behavioral scores as the state space (2010, p. 96).

2. Theoretical formulation

Roll Rates and [Net] Flow Rates arise from the particular case of loans, taking the DPD as the age (if no payments are made by the borrower, DPD advance as time passes and at the same pace; if there are partial payments DPD can remain the same or decrease), and using the month (or a 30-day period) both as the discrete-time period and as the age category span for the MSM model. Remember that once a loan is delinquent, it can be classified in categories depending on the days past due grouped by the number of months, which also correspond to the number of missed payments in the case of installment loans. In this situation, the age categories are called buckets. All delinquent loans between 1 and 30 DPD are classified as bucket 1, between 31 and 60 DPD are bucket 2, and so on. And bucket 0 are all loans which are current (or open in good standing). So, each bucket comprises a set of loans every month, and these sets of loans suffer many changes from month to month, according to the different evolution of the DPD of each loan. Buckets are used in monetary units, if we measure balances, or they may be used in terms of number of borrowers or accounts. In any bucket, a loan can move forward (only 1 bucket) or backward, but once it is charged-off or written-off (an absorbing state) it will remain in that state. There are accounting differences between charge-off and write-off, but, here, we will use them as

synonyms. For what we want to explain in this section, the only important thing is that a certain bucket n is taken as an absorbing state for what it is considered as bad debt. For simplicity, it can be assumed that new balances enter through bucket 0 (new balances normally start as being current, although there could be other rare cases), that repayment occurs only from bucket 0 (this is not true, because full or partial payments from delinquent loans implies payments from a bucket other than bucket 0) and that there are no early charge-offs or write-offs (i.e. coming from a bucket other than the last transient bucket, bucket $n-1$) (again, this is not true, because an event could occur, such as bankruptcy, that implies collection of the debt being unlikely before arriving to the designated bucket n for charge-off). Some other assumptions made are that “interest, fees and others” are not considered as part of the balance, and that the “recoveries” (collections after charged-off or written-off) are not taken into account.

We define the new balances rate (b) as the new balances in a period in terms of bucket 0, and the repayment rate (r) as the fraction of bucket 0 that repays in a period. In the event we are working in currency terms, repayments must include not only attrition, but regular repayments of installments and full or partial payments of amounts due from delinquent loans. There are some limitations with these two rates, since the denominator is bucket 0. New balances or borrowers does not seem to be closely related to bucket 0, and the same could happen with payments of amounts due from delinquent loans, which would be more related to other buckets. Anyway, for simplicity, we will consider these rates as constants. Furthermore, given that both rates represent inflows and outflows of bucket 0, they might both be taken as a single variable netting.

$$b = \frac{\text{monthly new balance (or borrowers)}}{B_i(0)} \quad [4]$$

$$r = \frac{\text{monthly repaid amount (or borrowers)}}{B_i(0)} \quad [5]$$

Recall that B_i is the n -component vector at time i with the amounts in each bucket (from 0 to $n-1$). We also define the augmented vector B' as the $n+1$ component vector, including bucket n .

From now on, we will follow the same notation as Cyert, Davidson and Thompson (1962) and also use row-vectors and pre-multiplication of matrices by vectors (instead of column-vectors and post-multiplication).

Roll Rates are not always defined in the same way. For example, a simplified view states that the roll rates “analyze the migration of accounts from one billing cycle to the next”, and they are expressed as “the percentage of balances, or accounts, that move from one delinquency stage to the next” or “become increasingly delinquent” (Hong Kong Monetary Authority, 2006, p. 38; PwC, 2015, p. 28). This is a simplified view because it discards the possibility of some other types of transitions. But the OCC has a more general view and states that the roll rates “measure the movement of accounts and balances from one payment status to another” so they may go from current to past due, “cure (return to current), remain in the same delinquency bucket, or improve to a less severe delinquency status”, the first roll rate being the “percentage of accounts or dollars that were current last month rolling to 30 days past due this month” (Office of the Comptroller of the Currency, 2015; 2016). For our purposes, we will take this general view and we will consider that roll rates measure the movement of delinquent loans (accounts or balance) from one bucket to other buckets in the next month.

An Individual Roll Rate is the fraction of loans that roll-over from one specific bucket into a different specific bucket in two consecutive months. These individual roll rates can be classified according to the type of transition:

- Forward-movers (denoting the “Forward Roll Rates”) are the fraction of loans in a bucket that pass from that bucket to the following one.
- Sitters (also called “stayers” or “pay-and-stay loans”) are the fraction of loans in a bucket that pay only one loan installment each month, which is like paying the oldest missed payment and missing the most recent one, thus remaining in the same bucket. In other words, in one month, DPD increase by one month but also decrease by one month due to the effect of paying the oldest missed payment.
- [Other] Partial payers (denoting the “Reverse Roll Rates”) are the fraction of loans in a bucket that pay more than one missed payment but not all of them, so they go back to a lower bucket. In other words, DPD decrease by more than one month.
- Curers are the fraction of loans in a bucket that pay all missed payments, so they come back to bucket 0 (current).

This classification was probably used or devised by Capital One, but no evidence was found in the literature.

Of course, loans can also roll over into an absorbing state: repaid or charge-off. If we assumed that there are no early charge-offs, being charged-off would be just a “forward roll” from the last transient bucket, which is bucket $n-1$, into bucket n .

Table 1. Types of individual roll rates. Bucket in month i (rows) and bucket in month $i+1$ (columns).

	0	1	2	3	4	5	6
0	S	FRR					
1	C	S	FRR				
2	C	PP	S	FRR			
3	C	PP	PP	S	FRR		
4	C	PP	PP	PP	S	FRR	
5	C	PP	PP	PP	PP	S	FRR

Source: Own elaboration.

Apart from these individual roll rates, it is common to use the 1-to-7 Sequential Roll Rate (1-to-7 sRR) and the 1-to-7 Coincidental Roll Rate (1-to-7 cRR) to measure the fraction of loans in bucket 1 that would end in bucket 7 (typically the bucket of charge-off) after 6 months (in the event the bad debt absorbing state, e.g. charge-off or write-off, is placed in a different bucket, say n , the appropriate roll rates to use would be the 1-to- n cRR and the 1-to- n sRR). The sequential roll rate always follows the same cohort of delinquent loans and takes the individual roll rates from consecutive months, while the coincidental roll rate takes all the individual roll rates from a single month, meaning that the roll rates pertain to different cohorts. Each one has its own advantages and disadvantages: sRR are highly dependent on the cohort and cRR are highly dependent on the performance in a specific month. Another compounded roll rate with special interest is the 0-to- d Roll Rate, where d is the designated bucket for default recognition (typically 4, i.e. more than 90 days), because it represents the PD in d months.

Table 2. 1-to-7 Coincidental Roll Rate vs 1-to-7 Sequential Roll Rate. Individual roll rates (rows) and month (columns).

	1	2	3	4	5	6	7
0-1							
1-2		RR					RR
2-3			RR				RR
3-4				RR			RR
4-5					RR		RR
5-6						RR	RR
6-7							RR

Source: Own elaboration.

Roll rates are a particularization of Markov chains because the Markov assumption is kept, although not all transitions are possible in this case, because it is not possible to move forward by more than one bucket per month. We also know, by definition, that any roll rate from a bucket j to a bucket k from time i to time $i+1$ must be between 0 and 1:

$$0 \leq RR_{i,i+1}(j, k) \leq 1 \quad [6]$$

$$\forall j, k \in \{0, 1, \dots, n-1\} : k > j + 1 \Rightarrow RR_{i,i+1}(j, k) = 0 \quad [7]$$

$$0 \leq 1 - RR_{i,i+1}(j, k) \leq 1 \quad [8]$$

Thus, the matrix Q will be a lower triangular matrix with a single supradiagonal (representing the forward-movers). From now on, to avoid overloaded notation we may take $RR_{i,i+1}(j, k)$ just as $RR(j, k)$.

$$Q_{i,i+1}^{RR} = \begin{bmatrix} RR(0,0) + b & RR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ RR(1,0) & RR(1,1) & RR(1,2) & \ddots & & & \vdots \\ RR(2,0) & RR(2,1) & RR(2,2) & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & \ddots & RR(n-2, n-1) \\ RR(n-1,0) & RR(n-1,1) & RR(n-1,2) & \dots & \dots & \dots & RR(n-1, n-1) \end{bmatrix} \quad [9]$$

satisfying that:

$$B_{i+1} = B_i \cdot Q_{i,i+1}^{RR} \quad [10]$$

Therefore, we can express each component of B_{i+1} as:

$$B_{i+1}(k=0) = B_i(0) \cdot b + \sum_{j=0}^{n-1} (B_i(j) \cdot RR_{i,i+1}(j, 0)) \quad [11]$$

$$B_{i+1}(k \neq 0) = \sum_{j=k-1}^{n-1} (B_i(j) \cdot RR_{i,i+1}(j, k)) \quad [12]$$

And we can also say that:

$$\sum_{k=0}^n B'_{i+1}(k) = \sum_{j=0}^n B'_i(j) + (b - r) \cdot B'_i(0) \quad [13]$$

But, in order to analyze roll rates as Markov chains, for now, we must assume there are no “sources”, i.e. no new balances ($b = 0$). Remember from equation [1] that P is the matrix of transition probabilities and Q was the lower right submatrix. We said that the matrix of transition probabilities is sometimes referred as the roll-rate matrix. This is because its elements are really the roll rates, plus the transitions to absorbing states. Not surprisingly, there is a clear parallel between matrix Q and Table 1.

Most of the weight in Q is usually on the supradiagonal (forward-movers) and on the first column (curers). Elements on the diagonal correspond to sitters and the remaining non-zero elements correspond to the [other] partial payers.

Assuming stationary conditions, where the roll rates are not time-dependent, the fundamental matrix of the absorbing Markov chain can be derived from matrix Q according to equation [2]:

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} (Q_{i,i+1}^{RR})^k = (I - Q_{i,i+1}^{RR})^{-1} \quad [14]$$

given that:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (Q_{i,i+1}^{RR})^k = 0 \quad [15]$$

Another submatrix of P was matrix R (which is $n \times 2$). This matrix would have only two elements other than zero, if we maintained the assumptions that all repayments are made only from bucket 0 and that there are no early charge-offs.

$$R = \begin{bmatrix} r & 0 \\ 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & 0 \\ 0 & FR(n-1, n) \end{bmatrix} \quad [16]$$

For the record, making those assumptions, we can move the corresponding row and column of the absorbing state of charge-off (bucket n) to the end, in order to create a matrix P containing all the possible roll rates ordered in a more meaningful way. Remember from equation [1] that matrix R has two columns, for the absorbing states “repaid” and “bad debt”. We include b , but remember that Markov chains would require no new balances ($b = 0$).

$$P' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ col_1 R & Q & col_2 R \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [17]$$

$$P' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 \\ r & RR(0,0) + b & RR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & RR(1,0) & RR(1,1) & RR(1,2) & \ddots & & & \vdots & \vdots \\ 0 & RR(2,0) & RR(2,1) & RR(2,2) & \ddots & \ddots & & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & & & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & & & RR(n-2, n-1) & 0 \\ 0 & RR(n-1,0) & RR(n-1,1) & RR(n-1,2) & \dots & \dots & \dots & RR(n-1, n-1) & RR(n-1, n) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [18]$$

By definition, for any row of P' , all RR must sum 1 (or $1+b$, if the source is in the row):

$$j = 0 : r + RR_{i,i+1}(0,0) + b + RR_{i,i+1}(0,1) = 1 + b \quad [19]$$

$$\forall j \in \{1, \dots, n-1\} : \sum_{k=0}^{j+1} RR_{i,i+1}(j, k) = 1 \quad [20]$$

If we use equation [11] and take apart the term corresponding to the sitters ($j = k = 0$), and then use equation [19] for this bucket $j = 0$, we can conclude what should be obvious: bucket 0 in time $i+1$ is equal to bucket 0 in time i plus curers and new balances less new delinquent loans and repayments.

$$B_{i+1}(0) = B_i(0) + \sum_{j=1}^{n-1} (B_i(j) \cdot RR_{i,i+1}(j, 0)) + B_i(0) \cdot b - B_i(0) \cdot RR_{i,i+1}(0,1) - B_i(0) \cdot r \quad [21]$$

On the other hand, Flow Rates compare stocks between consecutive buckets in consecutive months, instead of tracking how the individual loans roll across buckets. Since flow rates just compare stocks and not individual loans, it is agreed that charge-offs flow only from the last transient bucket and that repayments only flow from bucket 0 (with a repayment rate r), without a loss of generality. For roll rates this may be an assumption, but for flow rates it is just how it is defined. The same applies whenever there are new balances, we consider entering through bucket 0. With all this, we can say that, for any bucket, what is not going forward, is being cured (see Table 3). Thus, flow rates are simpler, faster to calculate and have no need to follow individual accounts. In addition, they have other advantages and some disadvantages over roll rates that we will address later. Higher flow rates, as higher forward roll rates, means fewer collections and higher risk costs.

Table 3. Individual flow rates. Bucket in month i (rows) and bucket in month $i+1$ (columns).

	0	1	2	3	4	5	6
0	1-FR- $r+b$	FR					
1	1-FR	-	FR				
2	1-FR	-	-	FR			
3	1-FR	-	-	-	FR		
4	1-FR	-	-	-	-	FR	
5	1-FR	-	-	-	-	-	FR

Source: Own elaboration.

Making an analogy, flow rates can be seen as a simplification of roll rates and a particularization of Markov chains, in which there is a set of imaginary loans with the same bucket

distribution, such that they are restricted to only two or three possible transitions for each given state: a transition to the state of the next bucket (or to bad debt, if it is the last bucket), to the state of current, or to the state of repaid (only if they are at bucket 0). In addition, this set of imaginary loans must meet these two conditions: first, matrix Q of the set of imaginary loans must yield the same bucket distribution for the next month, and second, matrix R of the set of imaginary loans must yield the same flows to absorbing states during the month.

$$B_{i+1} = B_i \cdot Q_{i,i+1}^{RR} = B_i \cdot Q_{i,i+1}^{FR} \quad [22]$$

$$B_i \cdot R_{i,i+1}^{RR} = B_i \cdot R_{i,i+1}^{FR} \quad [23]$$

Since most of the weight of collections is placed on the curers, it makes sense to simplify the view and obviate sitters and partial payers by netting the effects of all collections (Kellett, 2011, pp. 5-6), considerably reducing the number of parameters and making the matrix sparser and with orthogonal columns except for the first column. Note that in the event there were no partial payments (including sitters), forward roll rates and flow rates would obviously be the same.

This means that, here, the matrix Q would be almost empty except for the supradiagonal and for the first column. Matrix Q of flow rates compared to that of roll rates has this distinctiveness: it only considers forward mover or full payer transitions compared to the wider set of possible transitions the roll rates allow.

Considering again B_i as the n -component vector at time i with the amounts in each bucket, the flow rate between bucket j and bucket $j+1$ from month i to month $i+1$ can be expressed as follows:

$$FR_{i,i+1}(j, j+1) = \frac{B_{i+1}(j+1)}{B_i(j)} \quad [24]$$

Although, we need to have a particular expression for the last flow rate (from the last transient bucket into the absorbing charge-off state):

$$FR_{i,i+1}(n-1, n) = \frac{\text{monthly charged-off amount}}{B_i(n-1)} = \frac{B'_{i+1}(n) - B'_i(n)}{B_i(n-1)} \quad [25]$$

Flow rates, like roll rates, should be between 0 and 1, but they may occasionally be slightly above 1, although never on average and long term (if we want to use the analogy of Markov chains and if we want to keep the special properties of the matrices, we must ensure we are not using flow rates above 1):

$$0 \leq FR_{i,i+1}(j, j+1) \lesssim 1 \quad [26]$$

$$0 \lesssim 1 - FR_{i,i+1}(j, j+1) \leq 1 \quad [27]$$

With them, a sequential flow rate from bucket j to bucket k can be defined as:

$$\prod_{m=j}^{k-1} FR_{i+m-j, i+m-j+1}(m, m+1) = \frac{B_{i+k-j}(k)}{B_i(j)} \lesssim 1 \quad [28]$$

Specifically, we define f as the **sequential current-to-charge-off flow rate** or just the 0-to- n sFR. In no way can f be seen as the probability of being charged-off in n months. That would be the 0-to- n RR. It can be seen as the probability of being charged-off in n months for one of

those imaginary loans we described earlier, but not for an average real loan. It can also be defined in a coincidental form. In a steady state, both forms, sequential and coincidental, would obviously be the same.

$$f = \prod_{j=0}^{n-1} FR(j, j+1) = \frac{B'_{i+n}(n) - B'_{i+n-1}(n)}{B_i(0)} \quad [29]$$

Note that the sum of r and f will normally be below 1. On one hand, all the factors of f should be below 1. On the other hand, the first factor of f , $FR(0,1)$, plus r , plus the sitters flow rate at bucket 0 ($1-FR(0,1)-r$) should be 1. Even more, this sitters flow rate is expected to be positive and higher than the others. Anyway, the inequality might be temporarily broken in extreme cases.

$$r + f \lesssim 1 \quad [30]$$

Knowing this, the matrix Q for the flow rates will have the first column and a single supradiagonal with the flow rates as follow. Again, to avoid overloaded notation we will take $FR_{i,i+1}(j,j+1)$ just as $FR(j,j+1)$. We can even use just one parameter “ j ”, but for clarity we still prefer to use “ $j, j+1$ ”.

$$Q_{i,i+1}^{FR} = \begin{bmatrix} 1 - FR(0,1) + (b-r) & FR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 1 - FR(1,2) & 0 & FR(1,2) & \ddots & & & \vdots \\ 1 - FR(2,3) & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \vdots & & & & \ddots & FR(n-2, n-1) \\ 1 - FR(n-1, n) & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad [31]$$

$$\begin{aligned} \det(Q_{i,i+1}^{FR}) &= (-1)^{n-1} \cdot \left(\prod_{m=0}^{n-2} FR(m, m+1) - \prod_{m=0}^{n-1} FR(m, m+1) \right) \\ &= (-1)^n \cdot (\text{coincidental } f) \cdot \left(1 - \frac{1}{FR(n-1, n)} \right) \\ &= (-1)^n \cdot \frac{B_i(n-1) - (B'_{i+1}(n) - B'_i(n))}{B_i(0)} \end{aligned} \quad [32]$$

Using equation [11] and [12] we can now express each component B_{i+1} as:

$$\begin{aligned} B_{i+1}(k=0) &= B_i(0) \cdot b + \sum_{j=0}^{n-1} \left(B_i(j) \cdot RR_{i,i+1}(j, 0) \right) \\ &= B_i(0) \cdot (b-r) + \sum_{j=0}^{n-1} \left(B_i(j) \cdot \left(1 - FR_{i,i+1}(j, j+1) \right) \right) \end{aligned} \quad [33]$$

$$B_{i+1}(k \neq 0) = \sum_{j=k-1}^{n-1} \left(B_i(j) \cdot RR_{i,i+1}(j, k) \right) = B_i(k-1) \cdot FR_{i,i+1}(k-1, k) \quad [34]$$

If we now solve for the flow rate variable, we obtain one of the most important equations that we will further discuss later:

$$\forall j \in \{0, \dots, n-2\} : FR_{i,i+1}(j, j+1) = RR_{i,i+1}(j, j+1) + \sum_{m=j+1}^{n-1} \left(\frac{B_i(m)}{B_i(j)} \cdot RR_{i,i+1}(m, j+1) \right) \quad [35]$$

$$\forall j \in \{0, 1, \dots, n-2\} : RR_{i,i+1}(j, j+1) \leq FR_{i,i+1}(j, j+1) \quad [36]$$

And we also know that:

$$j = n-1 : FR_{i,i+1}(n-1, n) = RR_{i,i+1}(n-1, n) \quad [37]$$

Equation [35] shows the netting effect of partial payments on the flow rates. We can say that flow rates are like increased forward roll rates, due to new loans coming from higher (or the same) buckets with partial payments.

In order to analyze roll rates as Markov chains, for now, we must assume there are no “sources”, i.e. no new balances ($b = 0$). Again, in stationary conditions, the fundamental matrix of the absorbing Markov chain can be calculated using matrix Q in the same way as with roll rates:

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} (Q_{i,i+1}^{FR})^k = (I - Q_{i,i+1}^{FR})^{-1} \quad [38]$$

given that:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (Q_{i,i+1}^{FR})^k = 0 \quad [39]$$

We know that the inverse of a matrix can be calculated using Gauß-Jordan elimination or row reduction method (although we are working with row vectors and multiplying from the left, we can still use row reduction instead of column reduction because the inverse of a matrix is the same with both methods). So, we take the matrix and we augment it to the right with the identity matrix (i.e. $[I-Q \mid I]$ matrix), then we apply the method until we obtain the identity matrix on the left side, and what remains on the right side is the inverse matrix (i.e. $[I \mid (I-Q)^{-1}] = [I \mid N]$ matrix). Results are shown in Appendix A.

Since we agreed that repayment occurs from bucket 0 and that charge-offs occur from the last transient bucket, matrix R is the same one that we assumed for roll rates in equation [16].

Therefore, the matrix multiplication $N \cdot R$ results to be:

$$N \cdot R = \begin{bmatrix} \frac{r}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^{n-1} FR(j, j+1) \right] & \frac{f}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^{n-1} FR(j, j+1) \right] + \prod_{j=1}^{n-1} FR(j, j+1) \\ \vdots & \vdots \\ \frac{r}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-1}^{n-1} FR(j, j+1) \right] & \frac{f}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-1}^{n-1} FR(j, j+1) \right] + \prod_{j=n-1}^{n-1} FR(j, j+1) \end{bmatrix} \quad [40]$$

This result is quite interesting. Remember that $N \cdot R$ represents “the probabilities of dollars in each of the age categories being paid” (first column) and “the probabilities of becoming bad debts” (second column). This should not be surprising, and it could have been deducted in another way. Let us think as follows:

- Repayment was agreed to happen only from bucket 0, and charge-off from bucket $n-1$.
- At any other bucket, a “loan” can only move forward or get back to bucket 0. Remember that flow rates are a simplification of roll rates. They work like roll rates but assuming there are no partial payments. Note that, in reality, there is not a set of real loans following exactly those flows (all of them at the same time).
- At bucket 0, there are four options for a loan each month: a. Repay (probability r); b. Stay at bucket 0 (probability $FR(0,0)$); c. Miss a payment but not going straight to charge-off (probability $FR(0,1)-f$); d. Miss a payment and going straight to charge-off (probability f). In no way can we interpret that there are real loans going straight to charge-off with f probability.
- Options b and c mean restarting again at bucket 0 sooner or later. Options a and d mean ending in one of the two absorbing states without going through bucket 0 anymore.
- Since the Markov assumption is kept (i.e. loans have no memory), at bucket 0 the odds of eventual repayment versus eventual charge-off are exactly $r:f$, so the probabilities are $r/(r+f)$ and $f/(r+f)$ respectively.
- At any other bucket, there are two options for a loan: a. Going straight to charge-off; b. Not going straight to charge-off, which necessarily means that it would eventually fall back to bucket 0.
- So, at any bucket other than bucket 0, the probability of eventual repayment is the probability of not going straight to charge-off multiplied by the probability of repayment when at bucket 0, and the probability of eventual charge-off is the probability of going straight to charge-off plus the probability of not going straight to charge-off multiplied by the probability of charge-off when at bucket 0.

If we now computed $B \cdot N \cdot R$, where B is the n -component vector, we would obtain the expected eventual repayments and charge-offs for a portfolio under stationary conditions.

Again, for the record, using equation [13], we can move the corresponding row and column of the absorbing state of charge-off (bucket n) to the end, in order to create a matrix P containing all the possible flow rates ordered in a more meaningful way. Remember that Markov chains would require no new balances ($b = 0$).

$$P' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 \\ r & 1 - FR(0,1) + (b - r) & FR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 - FR(1,2) & 0 & FR(1,2) & \ddots & & & \vdots & \vdots \\ 0 & 1 - FR(2,3) & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & \vdots \\ 0 & 1 - FR(n-1, n) & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & FR(n-1, n) \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [41]$$

Markov chains do not consider “sources” ($b \neq 0$) so, if we use them, equation [3] would no longer remain true and matrix N would not make sense. But in the event there were sources, there is no problem in considering monthly new balances as new cohorts or portfolios starting at bucket 0, and everything we have said in this section will remain valid for them. Another possibility is that, as long as monthly repayments remain higher than new balances, we could work with a net repayment ratio ($r-b$) as if they were only repayments and then obviating that there are new balances. This can be done forcing the Markov assumption of no memory, assuming new balances maintain the same behavior as the ones that still remain. If new balances are higher than repayments, we can still rely on most of what we obtained, but $b-r$ must be lower than f in order

to assure convergence in the long run (i.e. inputs cannot be higher than outputs). Remember that b and r are defined in terms of a fraction of bucket 0, which allows convergence in an environment of diminishing bucket 0.

To clarify, we say that a portfolio is under stationary conditions when the RRs or FRs employed do not change over time. Stationary conditions for RRs come from the Markov assumption applied to each loan, although it may be a little hard to assume that loans have no memory, since it is known that ever-delinquent loans have higher propensity to relapse. What is more, there are other external factors that affect RRs, such as changing economic conditions. In the case of FRs, it is even harder to make the Markov assumption of stationary conditions as real flow rates depend on the bucket distribution, which in turn is time dependent, as we learned from equation [35].

On the other hand, we say that a portfolio is under steady-state conditions when it also happens that the n -component vector B remains invariant over time:

$$B_i = B_i \cdot Q_{i,i+1} \quad [42]$$

Under steady-state or just stationary conditions, sequential and coincidental flow rates are the same. Although, in the case of just stationary conditions, it is hard to accept it, as we have said before (if RRs are constant and B changes over time, FRs must be changing).

Let us now explore eigenvalues and left eigenvectors of matrix Q^{FR} . Particularly, a steady state would be characterized by an eigenvalue of 1 ($\lambda = 1$).

$$Q_{i,i+1}^{FR} - \lambda I = \begin{bmatrix} 1 - FR(0,1) + (b-r) - \lambda & FR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 1 - FR(1,2) & -\lambda & FR(1,2) & \ddots & & & \vdots \\ 1 - FR(2,3) & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & & & 0 \\ \vdots & \vdots & & & & & FR(n-2, n-1) \\ 1 - FR(n-1, n) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -\lambda \end{bmatrix} \quad [43]$$

$$\begin{aligned} \det(Q_{i,i+1}^{FR} - \lambda I) &= (-1)^n \cdot \lambda^n + (-1)^{n-1} \cdot (1 - FR(0,1) + (b-r)) \cdot \lambda^{n-1} + (-1)^{n-1} \\ &\cdot \sum_{j=1}^{n-1} \left(\lambda^{n-j-1} \cdot \left(\prod_{m=0}^{j-1} FR(m, m+1) - \prod_{m=0}^j FR(m, m+1) \right) \right) \end{aligned} \quad [44]$$

If flow rates are not higher than 1, as we said in equation [27], and $b-r$ is higher than $FR(0,1)-1$, which should be normal, then, the determinant equation, in terms of λ , has only one sign change in the sequence of polynomial coefficients and, according to the Descartes' rule of signs, this would mean that there is a unique positive root. We will now see that this positive root is 1, under a special condition.

Since we are working with row-vectors and multiplying from the left, in order to obtain the eigenvalues and left-eigenvectors, we perform a column reduction operation, summing all columns in the first column.

$$\begin{bmatrix} 1 - \lambda + (b - r) & FR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 1 - \lambda & -\lambda & FR(1,2) & \ddots & & & \vdots \\ 1 - \lambda & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & & & 0 \\ \vdots & \vdots & & & & & FR(n-2, n-1) \\ 1 - \lambda - FR(n-1, n) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -\lambda \end{bmatrix} \quad [45]$$

If we now solve the determinant for $\lambda = 1$, we prove it can be 0 under a special condition:

$$\det(Q_{i,i+1}^{FR} - I) = (-1)^{n-1} \cdot (b - r) + (-1)^n \cdot \prod_{j=0}^{n-1} FR(j, j+1) \quad [46]$$

$$\det(Q_{i,i+1}^{FR} - I) = 0 \Rightarrow (b - r) = f \quad [47]$$

We can see this in a different and interesting way: under steady-state conditions, input and output flows of the portfolio must be the same, as shown in equation [49], and each bucket must keep a flow rate relationship with the previous one, as shown in equation [50]. If we successively replace buckets of equation [49] with equation [50], we will arrive at the same result.

$$\begin{bmatrix} -(b - r) & FR(0,1) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & -1 & FR(1,2) & \ddots & & & \vdots \\ 0 & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & & & 0 \\ \vdots & \vdots & & & & & FR(n-2, n-1) \\ -FR(n-1, n) & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad [48]$$

$$B(0) \cdot (b - r) = B(n-1) \cdot FR(n-1, n) \quad [49]$$

$$\forall j \in \{1, \dots, n-1\} : B(j) = FR(j-1, j) \cdot B(j-1) \quad [50]$$

A left-eigenvector for $\lambda = 1$ could easily be created with equations [49] and [50]. This left-eigenvector would represent a steady-state distribution of buckets (i.e. a row-vector B).

Similarly, for roll rates, if we compute $Q^{RR} - I$ ($\lambda = 1$) and then sum all columns in the first column, considering equations [19], [20] and [37], obviously we will also arrive at the same equation [49]. However, calculating its determinant, for a general $n \times n$ lower triangular matrix with a supradiagonal, is more complex, since it has many terms.

In steady-state conditions, equation [35] can be rewritten in a different way, using equation [28]:

$$\forall j \in \{0, \dots, n-2\} : FR(j, j+1) = RR(j, j+1) \cdot \frac{1}{1 - \sum_{m=j+1}^{n-1} \left(\prod_{l=j+1}^{m-1} FR(l, l+1) \cdot RR_{i,i+1}(m, j+1) \right)} \quad [51]$$

In this equation [51] we can see that there is an adjusting factor in which roll rates of sitters and partial payers are discounted at a compounded flow rate down to the bucket in which they fall. It is like taking sitters and partial payers of a certain bucket as full payers at the expense of worsening the performance (increasing the flow rate) of lower buckets where those payers fall. It is expected that these effects will be lower, the higher the buckets. In fact, there is no effect at all for the highest bucket, as for equation [37].

Note that vector B_i is always the same for both roll rates and flow rates because it is given. But matrix R is the same in both cases only if roll rates assume what it was agreed by flow rates: that repayment occurs only from bucket 0 and that there are no early charge-offs. The repayment rate r is the same in both cases only if roll rates assume that repayment occurs only from bucket 0. Remember that equations [22] and [23] must be kept in any case.

Conversely, matrix N will be different in the two cases, because roll rates and flow rates can only be simultaneously constant over time in steady-state conditions but, in that case, the fundamental matrix N has no sense (in theory, there may be a very particular stationary, but not steady-state, scenario in which they are simultaneously constant over time). This means that when modelling in parallel with both RRs and FRs, we cannot get all the same results, although we can try to match some of them such as $B_i \cdot N \cdot R$ or a certain B_{i+1} . Consequently, if we wanted to assume stationary conditions, it would make more sense to assume first that RRs are constant and, then, that FRs change over time and follow equation [51].

Roll rates and flow rates work well for unsecured loans, since there is no collateral, but secured loans could end with a repossession or foreclosure that significantly reduces or compensates the amount due in certain buckets. Roll rates and flow rates can still be used in those cases but require handling such events properly. Sometimes repossession may be taken as an alternative absorbing state, instead of bad debt (Acenden, 2012). In that case, we assume they would then need an impairment study to assess the final loss.

As we have already said, roll rates and flow rates can be used in currency terms or in number of loans or accounts terms. A common notation precedes the acronyms with the currency symbol or a hash symbol respectively (e.g. €RR, \$RR, #RR, €FR, \$FR, #FR). In any case, they are always dimensionless and expressed as a fraction or a percentage.

One quite important thing is to always notice the nature of roll rates and flow rates that are being managed each time, so they are properly used:

- Real / Historical: calculated from actual performance of a portfolio in a certain month. Sometimes they are presented as an average for a period of months to offset seasonality.
- Theoretical: those used assuming stationary conditions (i.e. FRs or RRs do not change over time) or even steady conditions. They are obtained from historical data and then applied to estimate future performance. Most of what we have said in this section falls in this category.
- Modelled: used to forecast a future situation, they are usually first obtained from historical data and then optimized in a convenient way. They are usually devised as time-dependent and with further complexity.
- Implicit from provisions: those values that when applied to a real or theoretically bucket distribution would fit perfectly with a specific calendar of provisions established by a supervisor or central bank (i.e. the imposed provisions equal to the derived flow-to-loss rates, so there is no need to increase or reduce provisions in stationary conditions with no new balances and using the same time horizon). It is convenient to see the gap between real and provisional implicit flow-to-loss rates, to assess how accurate the calendar of provisions is.
- Budgeted: those used to control the risk cost and the performance of collections.

In addition, as we have just said, modelling of roll rates and flow rates can become very complex. Historical and vintage methods could be combined with roll rates (Office of the Comptroller of the Currency, 2004, p. 117) and the same applies for flow rates. When dealing with installment loans, it is normal to use different segmentations based on some covariates such as type of borrower, borrower quality, product category, origination vintage or any other

dimension (Office of the Comptroller of the Currency, 2004, p. 119). Incorporating new balances, repayments and attrition also increases complexity. Other important factors to consider are changing economic factors, bank policies, management strategies (including collection strategies) and other portfolio-specific variables (Hong Kong Monetary Authority, 2006; SAS, 2014, p. 5). Note that we can manage up to four dimensions related to time: calendar month, origination vintage, delinquency vintage and bucket, although buckets are usually taken in the part of independent variables (There is not a necessary relationship between delinquency vintage, bucket and calendar month. Buckets are formed from the due date of the oldest installment still pending to be fully collected, and this date could be rolling if partial payments are made). But many covariates depend on any of these time dimensions, such as economic factors (calendar month dependent), borrower profile and info (origination vintage), propensity to pay (combination of delinquency vintage and bucket (Frequent partial payers -oldest delinquency vintages in a bucket-behave differently)). The last one really challenges the Markov assumption of non-path dependency.

When calculating historical roll rates, it is expected to find a much lower sample in partial-payers roll rates than any other types of roll rates, so we can expect them to be more volatile over time and, thus, they may not be suitable for forecasting. Also, the 0-to-1 roll rate, the new delinquencies rate, is usually very volatile, regardless of the sample size.

Flow rates do not have this problem of low samples, given that they just focus on just n buckets plus the charge-off amount, instead of $n \cdot (n+1)/2$ independent roll rate transitions. But flow rates are very sensitive to stages of growth or decline of the portfolio, or any kind of waves of delinquent loans due to rapid changes in external conditions, because of their heavy dependence on the bucket distribution. Even more, assuming a constant performance of collections, when the level of new delinquencies soars, contemporary flow rates (i.e., most recent historical flow rates) will tend to be lower than they would be in steady-state conditions, creating a feeling of false confidence and leading to the underestimation of future losses. Hence, historical flow rates are not conservative for forecasting and must be use with extreme care.

As a starting point for forecasting, it would be very useful to compare (e.g. graphically) the theoretical steady-state distribution of buckets inferred from the real roll rates (eigenvector for $\lambda = 1$ of matrix Q^{RR} with historical average RRs) versus the real distribution of buckets, in order to detect whether the portfolio is on an increasing or diminishing delinquency scenario, or even under waves of delinquencies. In case of a mature and ongoing portfolio, FRs can be calculated directly from real buckets without concern, but only if external changing conditions are not anticipated, given that FRs are not conservative. In other cases, we can clearly benefit from the theoretical steady-state FRs.

In theory, without the low-sample problem, the course of action for neutral forecasting will be:

1. Compute the historical RRs values, without seasonality.
2. Ensure that the 0-to-1 RR has a steady-state average value.
3. Calculate the eigenvector of matrix Q^{RR} for $\lambda = 1$, to obtain the bucket distribution under theoretical steady-state conditions.
4. Calculate the derived steady-state FRs from the historical RRs and the eigenvector.
5. Calculate steady-state f with those derived FRs.

But, how can we overcome the low sample problem of RRs? One alternative can be to reduce the number of degrees of freedom of the RRs: smoothing and interpolating them with some

analytical expressions that are empirically meaningful, specially for partial-payers roll rates. Another alternative can be to use more historical data if available.

But, as another alternative, we propose to work just with historical forward roll rates, which have good properties (stable and a large sample), and to use adjusting factors α , knowing that FRs are lower bounded by the corresponding forward roll rate. Factors α can range from 0 (lower conservative) to any positive value, and they should be higher the lower the bucket, as for the equation [51].

$$RR(j, j + 1) \leq FR(j, j + 1) \quad [52]$$

$$adjusted\ FR(j, j + 1) = (1 - \alpha_j) \cdot RR(j, j + 1) + \alpha_j \cdot FR(j, j + 1) \quad [53]$$

If for any circumstance, RRs are not available or they are not easy to calculate, we suggest to also use adjusting factors to increase those FRs that seem to be more underestimated (e.g. those from lower buckets).

In addition, we should bear in mind that RRs may also worsen over time due to external factors, such as deterioration of the economic environment. So, for conservative forecasting, an additional factor should be used to adjust and increase RRs other than curers RRs (RRs do not have such great cross effects as FRs, heavily dependent on the bucket. Therefore, in a first approach, a unique adjusting factor for all RR may be suitable). Given the nature of RR, a logistic transformation sounds appropriate. In any case, constant monitoring of RRs from lower buckets is quite necessary, in order to detect early a surge of new delinquents or deteriorating collections indicating a downturn.

The usage of roll rates to manage collections from delinquencies and to estimate provisions or forecast losses is quite common in financial institutions (So & Thomas, 2010, p. 96; Office of the Comptroller of the Currency, 2016, p. 27; Hong Kong Monetary Authority, 2006, p. 38), while some financial institutions use both net flow rates and roll rates as a tool to forecast the amount of the balance in default (Santander Consumer Finance E.F.C., 2016, pp. 111-112). Note that roll rates “forecast only average customer behavior” and they “do not help to identify the specific customers that are most likely to become delinquent” (Coffman & Chandler, 1983, pp. 3, 12). In contrast, flow rates align quite well with collection strategies divided by stage of delinquency.

According to FDIC, roll rate models are a valid methodology to predict losses and then estimate allowances for loan losses (FDIC, 2007, pp. 108-112). Expected Credit Losses (ECL) of a particular portfolio are always associated with a certain time horizon. When nothing is said about the time horizon, sometimes it is assumed that the ECL refers to the losses arising from just a straight-to-charge-off behavior of delinquent balances which, as we know from equation [36], will underestimate losses in the long term. Some common time horizons are 12-months-ECL or lifetime-ECL.

Following what FDIC says, roll-to-loss rates (also called “loss factors”) are the multiplication of all the “roll-rates” (sic) from each delinquency bucket forward through loss. These roll-to-loss rates can then be multiplied by their corresponding bucket and then aggregated to determine the required allowance level. The only problem is that this method is not accurate enough when dealing with loans that are not delinquent, which are the majority (FDIC, 2007, p. 109). In other words, the first roll rate, from current to bucket 1 is the most volatile. The same arises when working with the current-to-loss factor which contemplates that loans that are current should also be provisioned. They are also known as provision rates (Anderson, 2007, p. 498; FDIC, 2007, p. 109) in an attempt to match loss expectancy and provisions. But FDIC is taking buckets where there are stayers or other partial payers. So, rather than saying they are using roll-to-loss rates, it would be more correct to say that they are using flow-to-loss rates. Surprisingly, the OCC, which do not explicitly use the flow rates but a simplification of the roll rates, use also

the concepts of migration-to-loss and flow-to-loss (Office of the Comptroller of the Currency, 2015, pp. 83, 90; Office of the Comptroller of the Currency, 2016, pp. 58, 83).

If we were to use a lifetime horizon, eventual-loss expectancy rates for each bucket category could be obtained from the multiplication of matrices $N \cdot R$, taking the column corresponding to the charge-off absorbing state, which represents the flow-to-eventual-loss rates under stationary conditions.

Expected loss (EL) factors (PD, EAD and LGD) have a direct relationship with roll rates and flow rates. Assuming we are calculating the EL of an ongoing portfolio under steady-state conditions (i.e. with a source), where d is the bucket designated for default and n is the bucket for charge-off or write-off, the PD would be the $\#FR(0,d)$, the LGD may be seen approximately as the $\text{€}FR(d,n)$, and the EAD would be similar to the quotient between $\text{€}FR(0,d)$ and $\#FR(0,d)$. As a result, not surprisingly, the n -month EL is the sequential current-to-charge-off flow rate f , in theory. In reality, things are more complex because the Markov assumption is not kept and there are many cross effects that generate biases in delinquent loans (e.g. loans with higher balances tend to have higher FRs, and so on). If we were to calculate the n -month EL of a portfolio under stationary conditions from origination (i.e. all initial balance at bucket 0), we would need to use $\text{€}RR$ s instead of $\text{€}FR$ s.

In our opinion, applying the prudence concept, lifetime-ECL should be recognized, as provisions, at the time of loan (or new balance) origination, using meaningful current-to-loss factors devised with multiple variables. In the cases of long duration or high-interest high-risk loans, it may be accepted to accrue these expenses according to the expected revenue stream. These provisions should be updated any time there is any changing external condition that suggests that roll rates may be varying. Obviously, this scheme should be for a neutral scenario. Prudence also suggests creating more provisions in case of unforeseen events.

Financial institutions with an information-based strategy and a test-vs-control methodology have a competitive advantage when dealing with collections (Clemons & Thatcher, 1998, p. 3). Coffman and Chandler state that it is worth focusing collection efforts on “customers most likely to remain delinquent or likely to become more seriously behind in their payments”. But that is not necessarily true. The decisions should be based on the NPV of the different possible actions, that is to say, the incremental collections of the actions net of costs. In the case at hand, it means it is more worthwhile dedicating efforts to actions that can improve roll rates despite the level of the same. The most profitable decision should be chosen looking at the roll rates sensitivity to different actions.

Discussion

Roll rates and [net] flow rates are wrongly used as interchangeable concepts. The problem sometimes arises when the concept of “rolling” is constricted to just only rolling-over or rolling forward, because as we know, other types of “rolling’s” are also possible due to partial paying. Further, roll rates follows individual accounts, while net flow rates do not track individual accounts and they just focus on aggregates related to buckets (total number of accounts or total outstanding amount in those buckets). And, by definition, roll rates can never be higher than 100%, whilst flow rates may be occasionally higher than 100%, but never on average and long term. For example, the OCC states that “for ease of calculation, roll rate analysis assumes all dollars at the end of a period flow from the prior period bucket” (Office of the Comptroller of the Currency, 2015, p. 146; Office of the Comptroller of the Currency, 2016, p. 145), which is really a flow rate analysis as we have already defined. FDIC also warns of little inaccuracies when working with buckets to compute forward “roll rates”, that we know they are really flow rates (FDIC, 2007, p. 109). What they do not realize is that, despite being quite acceptable in normal

conditions, this simplification is not conservative at all, as we addressed before. To prevent confusion, other authors use the term “net roll rates” (Anderson, 2007, p. 498), separated from “roll rates”, to really refer to flow rates, when they make the assumption that "accounts in each bucket either get worse, or are repaid in full [the due debt]" (Anderson, 2007, p. 499).

Table 4. Roll Rates vs Flow Rates definitions.

Roll Rates:	Track individual accounts across buckets in consecutive months.
[Net] Flow Rates:	Compare consecutive buckets in consecutive months.

Source: Own elaboration.

References

- Acenden (2012). Overview of arrears roll rate. *UK and Ireland mortgage and property monthly*, 6, 1-3. <https://www.acenden.com/docs/default-source/newsletter-uk-ireland-mortgage-property-monthly/uk-and-ireland-mortgage-and-property-monthly-issue-6-nov-2012.pdf>.
- Anderson, R. (2007). *The credit scoring toolkit: theory and practice for retail credit risk management and decision automation*. Oxford University Press.
- Clemons, E., & Thatcher, M. (1998). Capital One: Exploiting an information-based strategy. In System Sciences (Ed.), *Thirty-First Hawaii International Conference*, 6, 311-320. <https://doi.org/10.1109/HICSS.1998.654788>
- Coffman, J.Y., & Chandler, G.G. (1983). *Applications of performance scoring to accounts receivable management in consumer credit*. Krannert Graduate School of Management, Purdue University. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.197.9454&rep=rep1&type=pdf>
- Cyert, R.M., & Thompson, G.L. (1968). Selecting a portfolio of credit risks by Markov chains. *The Journal of Business*, 41(1), 39-46.
- Cyert, R.M., & Trueblood, R.M. (1957). Statistical sampling techniques in the aging of accounts receivable in a department store. *Management Science*, 3(2), 185-195.
- Cyert, R.M., Davidson, H.J., & Thompson, G.L. (1962). Estimation of the allowance for doubtful accounts by Markov chains. *Management Science*, 8(3), 287-303.
- FDIC (2007). *Risk Management Examination Manual for Credit Card Activities*. Division of Supervision and Consumer Protection. https://www.fdic.gov/regulations/examinations/credit_card/pdf_version/
- Hong Kong Monetary Authority (2006). *Supervisory Policy Manual: Credit Card Business*. Hong Kong Monetary Authority.
- Kellett, D. (2011). UK Credit Card Loss Forecasting Using Markov Chain Models. In Capital One (Ed.), *Credit Scoring and Credit Control XII conference*. Edinburgh.
- Office of the Comptroller of the Currency (2004). *Retail Lending Examination Procedures. Comptroller's Handbook*. U.S. Department of the Treasury.

http://www.occ.gov/publications/publications-by-type/comptrollers-handbook/_pdf/retailendingexaminationprocedures.pdf

Office of the Comptroller of the Currency (2015). *Credit Card Lending. Comptroller's Handbook*. U.S. Department of the Treasury.

<https://www.occ.treas.gov/publications/publications-by-type/comptrollers-handbook/credit-card-lending/pub-ch-credit-card.pdf>

Office of the Comptroller of the Currency (2016). *Installment Lending. Comptroller's Handbook*. U.S. Department of the Treasury.

<https://www.occ.treas.gov/publications/publications-by-type/comptrollers-handbook/installment-lending/pub-ch-installment-lending.pdf>

PwC (2015). *IFRS 9: Credit Modelling and Implementation*. <http://www.pwc.com/ca>

Rosenberg, E., & Gleit, A. (1994). Quantitative methods in credit management: a survey. *Operations Research*, 42(4), 589-613.

Santander Consumer Finance E.F.C. (2016). *Securitization Fund Santander Consumer Spain Auto 2016-I*. [Issue Prospectus].

<https://www.cnmv.es/Portal/Consultas/Folletos/FolletosEmisionOPV.aspx?isin=ES0305124002>

SAS (2014). *CCAR: An Appraisal of Current Practices*.

https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper1/ccar-appraisal-of-current-practices-107211.pdf

So, M.M., & Thomas, L.C. (2010). Modeling and model validation of the impact of the economy on the credit risk of credit card portfolios. *Journal of Risk Model Validation*, 4, 93-126.

Stretton, C., & Burra, P. (2011). *Financial instruments impairment: Adapting to change*. Johannesburg: Deloitte.

<https://www.iasplus.com/de/binary/safrica/1107impairmentaccounting.pdf>

Appendix A. Fundamental matrix of the absorbing Markov chain

Matrix N is the fundamental matrix of the absorbing Markov chain, and is defined as follows:

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} Q^k = (I - Q)^{-1}$$

Matrix N of Flow rates

To avoid overloaded notation, we define $FR_j = FR(j, j + 1)$

$$N = \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=0}^{n-1} FR_j \right] - \frac{r}{r+f} & \frac{\prod_{j=0}^0 FR_j}{r+f} & \dots & \dots & \dots & \frac{\prod_{j=0}^{n-2} FR_j}{r+f} \\ \frac{1}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^{n-1} FR_j \right] & 1 + \frac{\prod_{j=0}^0 FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^{n-1} FR_j \right] & \prod_{j=1}^1 FR_j + \frac{\prod_{j=0}^0 FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^{n-1} FR_j \right] & \dots & \dots & \prod_{j=1}^{n-2} FR_j + \frac{\prod_{j=0}^{n-2} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^{n-1} FR_j \right] \\ \vdots & \frac{\prod_{j=0}^0 FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=2}^{n-1} FR_j \right] & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \prod_{j=n-2}^{n-2} FR_j + \frac{\prod_{j=0}^{n-2} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-2}^{n-1} FR_j \right] \\ \frac{1}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-1}^{n-1} FR_j \right] & \frac{\prod_{j=0}^0 FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-1}^{n-1} FR_j \right] & \dots & \dots & \frac{\prod_{j=0}^{n-3} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-1}^{n-1} FR_j \right] & 1 + \frac{\prod_{j=0}^{n-2} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=n-1}^{n-1} FR_j \right] \end{bmatrix}$$

First element:

$$1 + \frac{1}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=row-1}^{n-1} FR_j \right] - \frac{r}{r+f}$$

First row elements, except the first element:

$$\frac{\prod_{j=0}^{col-2} FR_j}{r+f}$$

Upper right triangle elements, except the first row:

$$\prod_{j=row-1}^{col-2} FR_j + \frac{\prod_{j=0}^{col-2} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=row-1}^{n-1} FR_j \right]$$

Diagonal elements, except the first element:

$$1 + \frac{\prod_{j=0}^{col-2} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=row-1}^{n-1} FR_j \right]$$

Lower left triangle elements:

$$0 + \frac{\prod_{j=0}^{col-2} FR_j}{r+f} \cdot \left[1 - \prod_{j=row-1}^{n-1} FR_j \right]$$

col being the number of the column and *row* the row number.



Evaluación de las decisiones financieras operacionales que generan flujo de caja en las MIPYMES

MARTÍNEZ VARGAS, AGUSTÍN MARÍA
Corporación Universitaria Minuto de Dios VRO (Colombia)
Correo electrónico: agustin.martinez@uniminuto.edu

EDILSON HERNÁNDEZ, MARCOS
Universidad de los Llanos (Colombia)
Correo electrónico: mehernandez@unillanos.edu.co

VELÁSQUEZ CERÓN, OMAR
Institución Técnica Catumare (Colombia)
Correo electrónico: omarv30@yahoo.es

RESUMEN

El objetivo de la investigación consiste en identificar las variables que inciden en las decisiones financieras de corto plazo, determinantes del flujo de caja en las Mipymes. Se realizó una investigación mixta, con base en una encuesta aplicada a 278 gerentes de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) en Colombia. Los datos fueron analizados mediante regresión logística binaria y se gestionó información mediante talleres orientados al manejo de eventos multipropósito, donde la capacitación, la conversación informal a manera de grupo focal y la observación de las reacciones de los participantes frente a la intencionalidad y trascendencia del proyecto son la esencia. Los resultados muestran que las decisiones financieras en la Mipymes, están en cabeza de los directores, quienes deben esgrimir su liderazgo, experiencia, conocimiento y habilidades en formación financiera y estratégica para la toma de decisiones orientadas a optimizar el flujo de caja, aún sin la capacitación óptima requerida. Circunstancia que en buena parte especialmente en empresas micro, pequeñas y medianas, nuevas en el mercado, los lleva a financiar su actividad con recursos propios, de familiares o crédito informal y muy pocos optan por la financiación externa. Las decisiones financieras operacionales se convierten en un proceso complejo, empírico, despreocupado e improvisado para muchas Mipymes, siendo este un atenuante de la falta de sostenibilidad en el mercado y del amplio margen de fracaso.

Palabras clave: gestión financiera; liquidez; solvencia; capital de trabajo; regresión logística binaria.

Clasificación JEL: C53, D21, G11, M21.

MSC2010: 97K40, 97K80.

Evaluation of Operational Financial Decisions that Generate Cash Flow in Msmes

ABSTRACT

The objective of the research is to identify the variables that affect short-term financial decisions, determinants of cash flow in MSMEs. A mixed investigation is carried out, based on a survey applied to 278 managers of Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) in Colombia. The data were analysis based on binary logistic regression and information was managed through executions, oriented to the management of multipurpose events, where training, informal discussion as a focus group and observation of participants' reactions to intentionality and significance of the project are the essence. The results show that financial decisions in the MSMEs are headed by the directors who should wield their leadership, experience, knowledge and skills in financial and strategic training to make decisions aimed at optimizing cash flow even without training. optimal required. A circumstance that to a large extent, especially in micro, small and medium sized companies, new in the market, leads them to finance their activity with their own resources, family resources or informal credit while very few opt for external financing. Operational financial decisions become a complex, empirical, carefree and improvised process for many MSMEs, this being an attenuating factor of the lack of sustainability in the market and in a wide margin of failure.

Keywords: financial management; liquidity; solvency; working capital; binary logistic regression.

JEL classification: C53, D21, G11, M21.

MSC2010: 97K40, 97K80.



1. Introducción

En América Latina considerando la economía formal, las Mipymes representan el 99,5% de las empresas de la región y el 88,4% del total son microempresas. Su participación en el empleo formal es relevante: más del 60% del empleo regional depende de estas empresas, mientras que en la Unión Europea el aporte es aún mayor y alcanza el 69,4% (Dini & Stumpo, 2018). Las Mipymes en Argentina ocupan el 54% de los trabajadores formales, en México ese valor llega al 67%, en Chile la contribución al empleo es del 65%, en Brasil en la década comprendida entre 2006 y 2015 este segmento representó el 99,6% y el 52,7% de los ocupados formales. Se aprecia una especialización de las empresas de menor tamaño en actividades de baja productividad (Dini & Stumpo, 2018). En general, las Mipymes constituyen un sector relevante para el desarrollo de los países, con generación de empleo, oportunidades para el crecimiento del talento empresarial y de la comunidad donde se ubican (Franco, 2012) y en la economía global como cita Romero (2006) son fuente de dinamismo económico e innovación y eje de estrategias de desarrollo eficaces en el alivio de la pobreza.

En Colombia, las Mipymes forman parte de la estructura del sistema productivo y de servicios, como lo demuestra el Registro Único Empresarial y Social (RUES), en el país 94,7% de las empresas registradas son microempresas y 4,9% pequeñas y medianas (Domínguez 2016) aportan el 67% del empleo y el 38% al PIB total, lo que redundará en la mayor fuerza productiva del país (Castro et al., 2017). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU 2021) “las micro, pequeñas y medianas empresas tienden a emplear a una gran proporción de trabajadores pertenecientes a los sectores más vulnerables de la sociedad como mujeres y jóvenes, convirtiéndose en la única fuente de empleo formal en muchas zonas rurales” (p. 5).

Hasta donde se sabe, no son muchas las investigaciones orientadas a evaluar las decisiones financieras que en las Mipymes se toman para la operación de la empresa, a sabiendas de que conllevan al flujo de caja, herramienta básica para la toma de decisiones financieras a corto y largo plazo, capacidad de negociación, gestión y control de la liquidez, solvencia y capacidad de capital de trabajo. La falta de este tipo de estudios hace más compleja la difícil situación que se presenta al respecto en micro y pequeñas organizaciones, de las que en Colombia solamente el 50% sobreviven el primer año y solo el 20% al tercero (Domínguez 2016).

En América Latina, el 80% de las Mipymes quiebran en menos de cinco años, gran parte debido a la mala gestión financiera (Jiménez et al. 2013). En las organizaciones, el aspecto financiero es determinante de la estructura económica y financiera, específicamente, en el manejo del flujo de caja, estado financiero básico para la toma de decisiones financieras, gestión y control de la liquidez, la solvencia y capacidad de capital de trabajo (Jiménez et al., 2013). En este sentido, las Mipymes se enfrentan a situaciones financieras confusas de carácter estructural, debilidades que hacen más compleja su competitividad y condicionan su capacidad de productividad, supervivencia y crecimiento.

Las Mipymes presentan inexactitudes intrínsecas, basadas en conocimiento y aplicación correcta de medidas financieras que se traducen en carencia de liquidez, insuficiente acceso a fuentes de financiación de corto y largo plazo y de menor costo, escasa o nula financiación con garantía específica, inexistencia de garantías para obtener información y una administración financiera pasiva y tradicional (Maroto, 1993). Masilo y Aguirre (2016) explican que la planificación financiera estratégica, es una herramienta fundamental para la toma de decisiones en una empresa. Sin embargo, se tiene conocimiento que la mayoría de Mipymes no realizan una planeación estratégica por falta de preparación formal en negocios, baja capacitación profesional en temas específicos, mala organización y, en general, carencia de habilidades administrativas y financieras (Salazar et al., 2016).

Por lo anterior, persiste una planificación financiera deficiente, desprovista de gestión y control del efectivo, ello trae como consecuencia una deficiente administración de sus recursos económicos y de sus bienes. Entonces, hay empresas que pese a tener un proceso positivo en ventas, se enfrentan a un riesgo en el manejo del efectivo, porque el crecimiento rápido, tiende a absorber el efectivo existente

con mayor rapidez de lo que se puede generar como utilidades adicionales, requiriendo endeudamientos costosos e innecesarios para solventar la liquidez (Manrique, 2017).

Además, Wild et al. (2007) explican, “es el efectivo y no los ingresos, lo que en última instancia asume compromisos financieros, paga el equipo para la operación, amplía las instalaciones y paga los dividendos” (p. 374). Por su parte Perdomo (2008) complementa: “La administración financiera de tesorería tiene como objetivo, manejar adecuadamente el efectivo en caja y bancos, para pagar normalmente los pasivos y erogaciones imprevistas, así como reducir el riesgo de una crisis de liquidez” (p. 227). En consecuencia, para evaluar la liquidez, solvencia y flexibilidad financiera en una organización, se requiere de la investigación asociada a su manejo (Wild et al., 2007).

La carencia de un registro del flujo de caja en las empresas, acarrea riesgos que las pueden llevar a la quiebra, debido a la pérdida de mercancías y suministros, desactualización de los precios de las mercancías, descontrol en la capacidad de pago, en atención a las necesidades de financiación, no se establece un acumulado real y una proyección, estado que genera tensión en el presupuesto, pérdida de dinamismo en el mercado y, por consiguiente, disminución de la capacidad operativa y de la fortaleza financiera que asegure de manera exitosa su desempeño (Córdoba 2012). El manejo acertado del flujo de caja y su planificación son trascendentales, para garantizar la supervivencia empresarial y la toma de decisiones estratégicas en la generación de valor para los accionistas (Gitman, 2008).

Para complementar, Diéguez Soto (como se citó en Rodríguez & López, 2016) plantea que “la cifra de los flujos de caja procedentes de las actividades ordinarias, es el indicador clave en la evaluación de la solvencia técnica” (p. 146). De manera que la angustia financiera en las empresas surge cuando no cuentan con un flujo de caja que garantice ingresos, liquidez y capacidad de hacer frente a las obligaciones contraídas (Kamaluddin et al., 2019).

Ahora veamos que Fernández et al. (2017) exponen el concepto del “*homo economicus*, el cual considera el comportamiento del individuo claramente racional con la expectativa de maximizar utilidades y aversión al riesgo” (p.129). Surge entonces, la teoría Behavioral Finance como alternativa de las finanzas modernas, que considera al actor económico como un ser irracional e incongruente en la toma de decisiones que involucran dinero y riesgo. Es la influencia de la psicología del comportamiento de los profesionales de las finanzas y el efecto subsiguiente en los mercados (Sewell 2010).

Ahora bien, la gestión financiera en una organización tiene que ver con la toma de decisiones, las que finalmente le dan sentido a la gestión. Pero en ocasiones en la toma de decisiones, el hombre actúa conscientemente en contra del mejor juicio, es decir, no toma la mejor decisión en el proceso de deliberación racional (Betancur, 2019). A su vez, Searle (1997) advierte: “Quiero defender la idea de que hay una realidad social totalmente independiente de nosotros. La intencionalidad individual que cada una de las personas tiene deriva de la intencionalidad colectiva que todos comparten” (p. 41).

Por consiguiente, en las organizaciones se “toman decisiones entre los miembros que la componen y que se encuentran inmersos en ella. El tipo de decisiones que se tome frente a un determinado fenómeno, influirán en el posterior desarrollo de la organización, en su éxito o fracaso” (Vidal, 2012, p. 137). Situación que según Romero y Ramírez (2018) “depende de la dinámica de los gerentes, responsables de las decisiones y a su vez, esta va a depender de las capacidades, conocimientos empresariales y habilidades en planeación, organización, dirección y control, que se adquieren mediante la educación financiera” (p. 36), basados en el suministro de datos y análisis oportunos. En el caso de las Mipymes, la toma de decisiones se lleva a cabo más por el sentido común o por lo que piensan sus gerentes (Zuñiga et al., 2010); fundamentados en la improvisación sin un adecuado control y proceso estructurado (Romero & Ramírez, 2018).

De acuerdo con Regent (2012) el director o gerente es quien le imprime a las decisiones sus creencias, sus experiencias y sus conocimientos, a su vez, plantea que los directivos se clasifican en dos

tipos: los metódicos, que destinan mayor tiempo para recolectar información y realizar un análisis, y los intuitivos, que no dedican mucho tiempo a estudiar su elección.

Además, el estilo de liderazgo de los gerentes determina el proceso de toma de decisión y a quién involucra. Al respecto Fonseca (2013) afirma que en el mundo real las decisiones son satisfactorias basadas en la búsqueda de información. Una decisión se toma para solucionar una situación o un problema, una vez lo haya identificado, debe analizarlo para determinar los aspectos relevantes y obviar los que no lo son, buscar las alternativas y evaluarlas, imaginar sus consecuencias teniendo en cuenta la incertidumbre y así elegir el curso de solución idóneo (García, 2014).

Modelo de regresión Logística Binaria. Este modelo estadístico resulta útil para los casos en los que se desea predecir la presencia o ausencia de una característica o resultado en una variable criterio según los valores de un conjunto de predictores. Es similar a un modelo de regresión lineal, pero está adaptado para modelos en los que la variable dependiente es dicotómica. En efecto, se distingue del modelo de regresión lineal múltiple en el hecho de que en la regresión logística, permite el uso de variables independientes continuas y categóricas (estas últimas por medio de su codificación a variables ficticias), cuenta con contrastes estadísticos directos, tiene capacidad de incorporar efectos no lineales y es útil para realizar diagnósticos (Hair et al., 1999). Tiene una amplia aplicación en estudios observacionales, de encuesta y experimentales, como así también en estudios epidemiológicos y sociales (Hair et al. 1999). La regresión logística no deja de ser un caso particular del análisis discriminante en el que la variable dependiente tiene dos categorías y partiendo de unos supuestos menos restrictivos, permite introducir variables categóricas como independientes en el modelo. En el análisis discriminante las variables independientes deben cumplir una serie de supuestos de normalidad y de igualdad de varianzas, que en el modelo de regresión logística no son necesarios (Torrado & Berlanga, 2013). Además, es más potente que el análisis discriminante cuando estos supuestos no se cumplen.

Por otra parte, Vinacua (2007) expone la regresión logística como un modelo que, a partir de los modelos estimados para cada una de las variables independientes y fruto de la probabilidad de los individuos en la dependiente, va a permitir asignar los mismos a una u otra categoría y opción de respuesta. Ato y García (como se citó en López & Ruiz, 2011) explican que el modelo de regresión logística es una generalización del modelo de regresión lineal clásico, para variables dependientes categóricas dicotómicas que permiten estudiar si una variable categórica depende, o no, de otra u otras variables; además, utiliza el método de máxima verosimilitud (Fachelli & López, 2015). Tiene la ventaja de no requerir los supuestos de normalidad multivariable y de homocedasticidad, es más potente que el análisis discriminante cuando los citados supuestos no se cumplen.

Modelo cualitativo. Tomando como referencia la experiencia para la convalidación teórica de este modelo, es preciso destacar el compendio explicativo que presenta Ávila (2008), quien privilegia la observación programada en momentos y mediante instrumentalización libre de los registros, con el fin de ir más allá de las frías cifras de un modelo matemático.

Así mismo, Strauss y Corbin (2011), asume como una posición válida en la investigación mixta, la naturaleza variable de los procesos, con base en la posibilidad de ampliar el rango y calidad de la información, tal como se presenta en esta investigación en donde el objeto de reflexión y el sujeto son actores concomitantes en el desarrollo de una actividad empresarial, pero no establecen plenos lasos vinculantes, circunstancia que amerita ir más allá del dato (p.181).

En último lugar, Gitman y Zutter, (2012), complementan: “las finanzas se definen como el arte y la ciencia de administrar el dinero” (p. 3). En el contexto de una Mipyme implican las decisiones para invertir el dinero y obtener una utilidad y de qué modo conviene reinvertir las ganancias de la empresa para generar mayor rentabilidad. En este sentido, las decisiones tomadas para Liquidez, Administración del capital de trabajo, Ciclo de operación del negocio (Ciclo de efectivo) son definitivos de los elementos financieros y resultado de un flujo de caja eficiente, Jaramillo (como se citó en Arrubla, 2016).

Por ende, el objetivo de esta investigación consiste en identificar las variables que inciden en la toma de decisiones financieras operacionales para la generación del flujo de caja en las Mipymes y la probabilidad que estas decisiones aumenten o disminuyan, de acuerdo con la presencia de variables predictoras.

2. Materiales y Métodos

2.1. Localización del estudio

La investigación fue realizada en la ciudad de Villavicencio, una ciudad del centro de Colombia, donde los Andes se juntan con la planicie de Los Llanos, ubicada al sureste de Bogotá. Es una ciudad joven, cuenta con 549.922 habitantes de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE 2021). Su principal actividad económica es el comercio, hoteles y restaurantes, luego se encuentra el sector inmobiliario y la construcción.

La investigación presenta un enfoque mixto, orientada a explicar el efecto que tiene las variables predictivas sobre las variables criterio y predecir aspectos que caracterizan el manejo del flujo de caja, por parte de los directores y propietarios de las MiPymes (Fernández & Baptista, 2014). El diseño aplicado es no experimental, descriptivo, explicativo, de corte transversal. El Universo consta de 35.564 empresas formales de Villavicencio y la población 34.618 aprox. Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU). El tamaño de la muestra se realizó a partir de una población finita, con el 95% de confianza y un margen de error del 5,6%, para un total de 305 empresarios de los que se eliminan 27 para terminar con una muestra real de 278 empresas. La distribución se realizó por el muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional: 283 encuestas en microempresas y 22 en pequeñas y medianas, de las que se eliminaron por inconsistencias 20 encuestas de microempresas y 7 de pequeñas y medianas empresas.

La obtención de la información primaria se realizó mediante encuesta estructurada en cinco dimensiones, de acuerdo con Ding y Hershberger (2002) validada y sometida a revisión interdisciplinaria de expertos de la institución. Para la validación de la confiabilidad se aplicó una prueba piloto a 20 microempresarios de la ciudad y se realizó la prueba de consistencia interna de la información mediante el Alpha de Cronbach, cuya fiabilidad de las puntuaciones de la escala en la muestra fue del 0,875. El Coeficiente Alfa de Cronbach requiere una sola administración del instrumento de medición y una única versión. “Su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento de medición, simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente” (Fernández & Baptista, 2014, p. 295). La puntuación de 0,875 manifiesta la consistencia interna, es decir, muestra la correlación entre cada una de las preguntas: un valor superior a 0.7 revela una fuerte relación entre las preguntas, un valor inferior revela una débil relación entre ellas (Bojórquez et al., 2013). De aquí, que a mayor correlación mayor será el valor de la confiabilidad y por tanto, “se dice que el coeficiente alfa es una medida de la consistencia interna, la cual depende de las correlaciones entre todos los *ítems* a diferencia de los métodos de división en mitades, en donde solo tiene en cuenta la correlación entre las mitades consideradas” (Soler, 2008, p. 10). También, Campo y Oviedo (2008) aclaran que “el valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0,7 por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja” (p. 837). No hubo información contable porque los empresarios no entregaron los datos por desconfianza y la mayoría de estas empresas carece de un sistema contable, por consiguiente, la información no era confiable.

Además, se desarrollaron dos eventos de carácter formativo, equiparables con un laboratorio social que facilitaron la gestión de información cualitativa acerca del entorno empresarial, la visión multilateral de fenómenos comerciales y en particular decisiones financieras operacionales para el manejo del flujo de caja, por parte de propietarios y administradores de MiPymes que operan en diversos sectores de la economía regional, el proceso permitió explorar tres aspectos diferentes a las variables establecidas en la encuesta: expectativa, visión global del entorno y prospectiva funcional.

2.2. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

Es un ejercicio descriptivo basado en SPSS versión 22, con trece variables criterio y treinta y seis variables predictivas. También, se realizó el análisis explicativo y predictivo a través del modelo de regresión logística binaria, como técnica que permite relacionar funcionalmente una variable dicotómica criterio (1 en caso de presencia de la característica y 0 en caso de ausencia de la característica), con un conjunto de variables independientes o predictivas, también dicotómicas, ordinales o numéricas, para hacer determinaciones que permitan estimar el comportamiento futuro de la variable dependiente, en función de una o más variables explicativas (Hosmer & Lemeshow, 2000). Camero et al. (s/f) explican que “en el análisis de datos sociales, antes que su capacidad para establecer relaciones funcionales y predecir sucesos, su utilidad deriva de la lectura de los coeficientes Odds Ratio, para interpretar los efectos que tienen las categorías sobre la variable dependiente” (p. 1)

Se empleó el método de estimación por máxima verosimilitud que no establece restricción alguna respecto de las características de las variables predictoras: estas pueden ser nominales, ordinales o intervalares (Alderete 2006). La forma del valor teórico de la regresión logística es similar al de la regresión múltiple y representa una única relación multivariante con coeficientes que indican el peso relativo que tiene cada variable predictora.

La regresión logística múltiple está dada por la ecuación: en forma aditiva:

$$\text{Log} \frac{\pi_i}{1 - \pi_i} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

$$\frac{\pi_i}{1 - \pi_i} = e^{\beta_0} * e^{\beta_1 X_1} * e^{\beta_2 X_2} * \dots * e^{\beta_n X_n}$$

donde π_i es la probabilidad de observar la categoría o evento a predecir y $1-\pi_i$, es la probabilidad de no observar la categoría o evento a predecir. Es un modelo logístico lineal porque es lineal la escala del logaritmo de la razón de los productos cruzados (RPC). Varía entre $-\infty$ y $+\infty$ (Llaugel & Fernández, 2011). Una ventaja de este modelo es que puede utilizarse en muestreos prospectivos o retrospectivos debido a que los efectos se refieren a la razón de los productos cruzados.

La probabilidad de que ocurra Y, conocidos los valores de la variable X, está dada en la siguiente ecuación:

$$f(Y) = \pi(x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$

o de forma alternativa:

$$f(Y) = \pi(x) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$

Para este estudio, se ha establecido un grupo de trece variables criterio categóricas, dicotómicas con valores “1” y “0”. Cada una de estas variables es sometida al análisis del conjunto de variables predictivas cualitativas, también, dicotómicas representados por “1” (en caso de presencia de una característica) o “0” (en caso de ausencia de la característica) y, se han considerado ocho categorías que comprenden treinta y seis variables predictivas (Tabla 1).

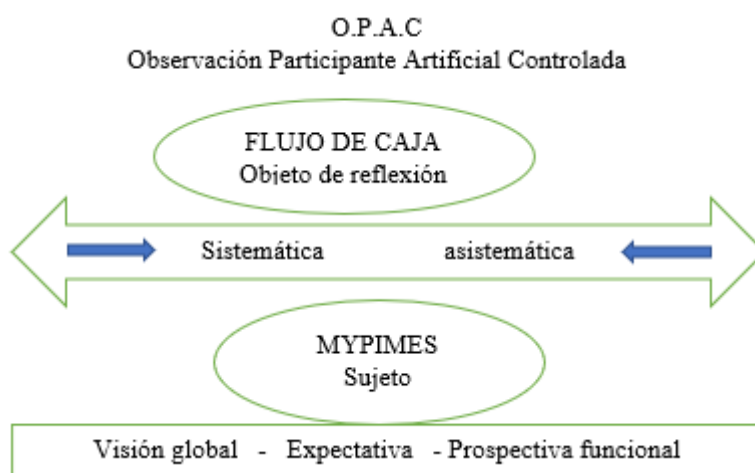
Tabla 1. Variables criterio y variables predictivas.

	Subdimensiones	Opciones	NO	SÍ
VARIABLES CRITERIO	¿Compra mercancía de contado?		0	1
	¿Compra mercancía a crédito?		0	1
	¿Realiza venta de mercancía de contado?		0	1
	¿Realiza venta de mercancía a crédito?		0	1
	¿Controla ingresos y gastos en la empresa?		0	1
	¿Controla ingresos y gastos con la información contable?		0	1
	¿Controla en un Cuaderno diariamente?		0	1
	¿Medio de financiación, préstamo bancario?		0	1
	¿Medio de financiación préstamo familiares y conocidos?		0	1
	¿Recorre al sobregiro bancario?		0	1
	¿Recorre al crédito informal Gota-Gota?		0	1
	¿Los principales ingresos provienen de las ventas?		0	1
	¿Genera dinero suficiente para capital de trabajo?		0	1
VARIABLE PREDICTIVAS	¿Quién dirige la empresa?	Propietario Administrador Otro	0 0 0	1 1 1
	Género	0-Masculino = 0 1-Femenino = 1		
	Edad	De 18 a 25 De 26 a 35 De 36 a 45 De 46 a 55 > de 55	0 0 0 0 0	1 1 1 1 1
	Nivel educativo	Primaria Secundaria Tecnólogo Universitario Posgrado	0 0 0 0 0	1 1 1 1 1
	Actividad económica de la empresa	Industria Comercio Servicios Agroindustria Agropecuaria Construcción	0 0 0 0 0 0	1 1 1 1 1 1
	Tipo de empresa	Comandita Sociedad Colectiva Sociedad por Acciones Simplificada SAS Precooperativa Cooperativa Sociedad Anónima Sociedad Limitada Persona Natural	0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1 1
Número de empleados	De 1 a 10 De 11 a 50 De 51 a 200 De 200	0 0 0 0	1 1 1 1	
Tiempo de funcionamiento	<1 año De 1 a 2 años De 2,1 a 4 años Más de 4 años	0 0 0 0	1 1 1 1	

Fuente: Elaboración propia.

El proceso cualitativo adoptó un procedimiento propio de la Investigación Acción Pedagógica (IAPe) (Figura 1) que implica tomar como punto de partida la creación de eventos prediseñados con el doble propósito de informar sobre el manejo del flujo de caja mientras que se estimula tanto al empresario y se parametriza su reacción espontánea, en donde se privilegia la observación programada en momentos y mediante instrumentalización libre de los registros, con el fin de ir más allá de las frías cifras de un modelo matemático (Ávila, 2008).

Figura 1. Observación Participante Artificial Controlada (OPAC).



Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados

Del análisis descriptivo se obtiene que el 81,75% de las MiPymes estudiadas cuentan con menos de 10 empleados; el 41,7% de estas empresas son persona natural; el 63,75 se desempeñan en el mercado local; el 47,8% son empresas comerciales; el 60,1% llevan más de cuatro (4) años en el mercado; el 63,4% son dirigidas por personal con un nivel académico de primaria, secundaria y tecnólogo; solo el 36,6% son dirigidas por personas con nivel universitario. Los resultados indican que son microempresas, su actividad económica más importante es el comercio, dedicadas en su mayoría al mercado local y dirigidas por personas con bajo nivel académico. Esta caracterización es importante para tener en cuenta los resultados generados por el estudio en relación con las decisiones financieras operacionales encargadas de generar el flujo de caja.

El método de análisis está basado en el modelo forward-wald hacia adelante. Es un método automático que utiliza los estadísticos puntuación eficiente de Rao y el estadístico de Wald, para comprobar las covariables que deben incluirse o excluirse. En cada paso el sistema reevalúa los coeficientes y su significación, así elimina aquellos que no considera estadísticamente significativos (Berlanga & Vilá, 2014). Según Ferre (2019):

El modelo debe ser aquél más reducido que explique los datos (*principio de parsimonia*), y que además sea técnicamente congruente e interpretable. Hay que tener en cuenta que un mayor número de variables en el modelo implicará mayores errores estándar. Deben incluirse todas aquellas variables que se consideren técnicamente importantes para el modelo, no debería dejarse de incluir toda variable que en un análisis univariado previo demostrara una relación “suficiente” con la variable dependiente (p. 33).

Lo anterior indica, que el proceso forward wald y sus resultados son válidos en el análisis estadístico realizado. “Solo en los estudios *predictivos* se ajusta el mejor modelo. Debe tenerse en cuenta, en este caso, que una variable puede tener valor predictivo aunque no sea parte del mecanismo causal que produce el fenómeno en estudio” (De la Fuente, 2011, p.25).

Tabla 2. Variables en la ecuación siendo la variable criterio Compra mercancía de contado.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)		
							Inferior	Superior	
Paso 3°	Universitario	-1,145	,312	13,441	1	,000	,318	,172	,587
	Posgrado	-1,527	,409	13,946	1	,000	,217	,097	,484
	Persona natural	,677	,299	5,133	1	,023	1,969	1,096	3,537
	Constante	1,384	,259	28,621	1	,000	3,989		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V. 22.

En el último paso del modelo quedan tres variables que explican el manejo de la compra de mercancía de contado en las Mipymes. El valor de la *odds ratio* ($ExpB > 1$), cuantifica en qué grado aumenta la probabilidad de comprar mercancía de contado cuando la MiPyme es una persona natural, si las demás variables permanecen constantes. Se observa que la razón entre ocurrencia versus no ocurrencia de la compra de mercancía de contado es 1,969 veces mayor si la MiPyme es persona natural, en comparación con otro tipo de empresas.

Las demás variables explicativas con coeficientes negativos implican que la compra de mercancía de contado disminuye, ($ExpB < 1$) cuando el nivel educativo universitario y posgrado aumenta. En estos casos la compra de mercancía de contado es menos probable en un 68,2% ($0,318-1$) y 78,3% ($0,217-1$) respectivamente.

El resultado indica que el nivel educativo Universitario y posgrado de los directivos de las Mipymes, explican y predicen mayor capacidad de negociación con proveedores para la compra de mercancías, como decisión estratégica para el manejo del flujo de caja. Sin embargo, las empresas persona natural se abstienen de negociar un tiempo prudencial para el pago de mercancías, puede ser por desconocimiento o por temor al riesgo financiero. En consecuencia, Gitman y Zutter (2012) aclaran, “las cuentas por pagar son la fuente principal de financiación a corto plazo sin garantía para las empresas de negocios, generan liquidez representada en la capacidad de responder por las obligaciones a medida que se vencen” (p. 583).

Tabla 3. Pruebas omnibus sobre los coeficientes del modelo.

	Chi cuadrado	gl	Sig.	
Paso	5,321	1	,021	
Paso 3	Bloque	28,072	3	,000
	Modelo	28,072	3	,000

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El p-valor $< 0,05$ del omnibus es significativa. Es decir, las variables predictivas seleccionadas (universitario, posgrado, persona natural) para realizar el análisis, si pueden predecir la variable “compra mercancía de contado”.

Tabla 4. Resumen del modelo.

Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	322,797 ^a	,032	,046
2	309,098 ^a	,079	,113
3	303,777 ^a	,096	,138

a. La estimación ha finalizado en el número de iteración 4 porque las estimaciones de los parámetros han cambiado en menos de ,001.

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El coeficiente de Nagelkerke del último paso del modelo es 0,138, es el porcentaje de la varianza de la variable “Compra mercancías de contado” que es explicada por las variables predictoras introducidas en el modelo.

Tabla 5. Prueba de Hosmer y Lemeshow.

Paso	Chi cuadrado	gl	Sig.
1	,000	0	.
2	,000	1	1,000
3	3,043	4	,551

H0: El modelo está bien ajustado

H1: Falta ajuste en el modelo

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

La prueba de Hosmer Lemeshow con un p-valor de (0,551), superior a 0,05 indica que lo observado se ajusta suficientemente a lo esperado bajo el modelo. Así es que las predicciones son suficientemente correctas. “Este procedimiento proporciona una medida global de la capacidad predictiva del modelo que no se basa en el valor de verosimilitud, sino en la predicción real de la variable dependiente” (Alderete, 2006, p.58).

Tabla 6. Tabla de clasificación.

Observado		Pronosticado			
		Compra mercancía de contado NO	Compra mercancía de contado SÍ	Porcentaje correcto	
Paso 2	Compra mercancía de contado	NO	0	79	,0
		SÍ	0	199	100,0
					71,6
Paso 3	Compra mercancía de contado	NO	9	70	11,4
		SÍ	11	188	94,5
					70,9

a. El valor de corte es ,500

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El modelo clasifica correctamente a 188 (de los 199) MiPymes que compran mercancía de contado (Y=1), indica una sensibilidad 94,5%. Ahora bien, clasifica correctamente solo 9 (de 79) de las MiPymes que no compran mercancía de contado (Y=0), es decir, la especificidad del modelo es del 11,4%. De forma global el 70,9% ha clasificado correctamente.

Tabla 7. Pruebas de ajuste y validez del modelo.

Variables criterio	Prueba Omnibus	R ² Nagelkerke	Hosmer Lemeshow	Clasificación
¿Compra mercancía de contado?	0,000	0,138	0,551	0,709
¿Compra mercancía a crédito?	0,000	0,1516	0,987	0,683
¿Realiza venta de mercancía de contado?	0,001	0,102	0,987	0,719
¿Realiza venta de mercancía a crédito?	0,001	0,172	0,441	0,737
¿Controla ingresos y gastos en la empresa?	0,000	0,115	0,825	0,921
¿Controla ingresos y gastos con base en los estados financieros?	0,000	0,204	0,998	0,644
¿Controla en un Cuaderno diariamente?	0,002	0,383	0,959	0,734
¿Medio de financiación, préstamo bancario?	0,000	0,72	0,755	0,645
¿Medio de financiación, préstamo familiares y conocidos?	0,000	0,23	0,997	0,866
¿Recurre al sobregiro bancario?	0,002	0,228	0,763	0,946
¿Recurre al crédito informal Gota-Gota?	0,003	0,148	0,514	0,957
¿Los principales ingresos provienen de las ventas?	0,000	0,238	0,789	0,856
¿Genera dinero suficiente para capital de trabajo?	0,000	0,175	0,787	0,848

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

Tabla 8. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Compra Mercancía a crédito.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Tecnólogo	-1,145	,387	8,767	1	,003	,318	,149	,679
Persona natural	-,551	,275	4,005	1	,045	,576	,336	,989
Paso 4 ^d De 1-10 empleados	-,954	,331	8,306	1	,004	,385	,201	,737
Entre 1 y 2 años	-1,083	,477	5,154	1	,023	,338	,133	,862
Constante	,718	,309	5,384	1	,020	2,050		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El proceso llega hasta el cuarto paso, donde clasifica a cuatro variables que explican la disminución de la probabilidad de pronóstico para realizar compras a crédito de mercancía para la empresa. El porcentaje de cambio (disminución en la probabilidad) reflejado en el (ExpB<1), es del 68,2% para el nivel educativo tecnólogo, 42,4% para persona natural, 61,5%, para empresa de 1 a 10 empleados y el 66,2% para empresas entre 1 a 2 años en el mercado.

Se observa que las variables explicativas clasificadas corresponden a microempresas, nuevas en el mercado, dirigidas por personas que no están suficientemente capacitadas en temas financieros y que predicen una menor probabilidad de recurrir a la compra de mercancías o materias primas a crédito. Es común en estas empresas ser conservadoras, por estar inmersas en imperfecciones del mercado como asimetría de información, dificultades financieras y conflictos de agencia (Lozano, 2015). Así mismo, la deficiente planificación y seguimiento del uso del dinero, producto de la carente formación financiera que incluye comportamientos y actitudes (Reddy et al. 2013). De donde resultan, las decisiones estratégicas que no permiten optimizar el manejo de los recursos operacionales, la baja generación de valor, de crecimiento y sostenibilidad en el mercado al no financiarse con cuentas por pagar, sin ningún costo, sin garantía y de esta manera mejorar la liquidez, la solvencia y capacidad de capital de trabajo (Gitman & Zutter, 2012).

Tabla 9. Variables en la ecuación siendo la variable criterio Vende mercancía de contado.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Universitario	-1,055	,307	11,768	1	,001	,348	,191	,636
Paso 2 ^b Posgrado	-1,564	,400	15,261	1	,000	,209	,095	,459
Constante	1,618	,228	50,255	1	,000	5,043		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

Las variables que en el modelo explican el comportamiento de la venta de mercancía de contado en las Mipymes tienen coeficiente negativo, lo que indica que en la medida en que aumente la presencia del nivel educativo universitario y posgrado, disminuye la probabilidad de pronóstico de realizar ventas de contado en el 65,2% para universitario y 79,1% para posgrado. En tal sentido, son los directivos que tienen alguna formación financiera y aplican la planificación de estrategias para ganar mercados, generar créditos bajo una buena administración, medición y control de la cartera y del riesgo de impago.

Tabla 10. Variables en la ecuación siendo la variable criterio Venta de mercancía a crédito.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Propietario	,891	,364	5,980	1	,014	2,438	1,194	4,981
Universitario	1,231	,322	14,586	1	,000	3,424	1,820	6,439
Paso 5 ^c Posgrado	1,545	,428	13,012	1	,000	4,689	2,025	10,858
Persona natural	-,644	,305	4,462	1	,035	,525	,289	,955
Entre 1 y 2 años	-1,108	,526	4,440	1	,035	,330	,118	,926
Constante	-2,043	,409	24,952	1	,000	,130		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

En el paso quinto del modelo son seleccionadas las variables predictivas propietario, universitario y posgrado, para las que el *odds ratio* indica que la razón entre ocurrencia versus no ocurrencia de la venta de mercancía a crédito es 2,438 veces mayor en los propietarios, 3,424 veces en universitario, 4,689 veces en posgrado, si las demás variables permanecen constantes en cada uno de los casos. La probabilidad de disminución ($ExpB < 1$) de la venta de mercancía a crédito, se presenta en el 47,5% cuando la empresa es persona natural y en 67% si la empresa tiene de 1 a 2 años en el mercado.

Se observa que, para los niveles de formación académica universitario y posgrado de los directores de las Mipymes, disminuye la probabilidad de tomar decisiones de realizar ventas de contado y aumenta la ocurrencia de ventas a crédito. Es necesario, un mejor manejo del flujo de caja al asumir el riesgo de no pago, previendo el flujo adecuado de recursos líquidos y el incremento de productos o servicios en el mercado competitivo, equiparando la rentabilidad adicional con el costo marginal (Ortiz 1994), manteniendo el equilibrio en el ciclo de efectivo y de operación (Ross, 2018). En estas condiciones, la empresa debe asumir el riesgo de impago por parte del comprador, todo a cambio de mayor eficiencia económica e incremento de ingresos y ampliación del mercado.

Tabla 11. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Controla Ingresos y Gastos.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Primaria	-1,873	,757	6,127	1	,013	,154	,035	,677
Secundaria	-1,351	,491	7,568	1	,006	,259	,099	,678
Más de 4 años	1,038	,475	4,772	1	,029	2,824	1,113	7,166
Constante	2,548	,381	44,631	1	,000	12,776		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El modelo llega hasta el paso 3. Así, el valor de la *odds ratio* correspondiente a empresas con más de cuatro años en el mercado, indica que el control de ingresos y gastos aumenta a una razón de 2,824 veces, frente a empresas con diferente tiempo en el mercado, si las demás variables permanecen constantes. Sin embargo, las MiPymes dirigidas por personas con un nivel educativo primaria y secundaria, muestran una menor probabilidad del control de ingresos y gastos, pues ésta disminuye en un 84,6% y 74,1% respectivamente.

Tabla 12. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Controla Ingresos y Gastos con base en los Estados Financieros.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Infer	Super
DE26_35	-,691	,306	5,102	1	,024	,501	,275	,913
Posgrado	1,022	,401	6,498	1	,011	2,778	1,266	6,093
Cooperativa	-22,020	21430,604	,000	1	,999	,000	,000	.
Persona natural	-,959	,271	12,550	1	,000	,383	,225	,651
De11_50empleados	1,717	,451	14,474	1	,000	5,568	2,299	13,483
Constante	,119	,195	,375	1	,540	1,127		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El modelo ha llegado al quinto paso, ha seleccionado las variables que explican el comportamiento de la variable criterio, los *odds ratio* de 2,778 y 5,568, indican en qué grado aumenta (en veces) el control de Ingresos y Gastos con base en los Estados Financieros, si las demás variables permanecen constantes. Por el contrario, las variables con coeficiente negativo implican un comportamiento menos probable: cuando la edad del directivo está entre 26 y 35 años disminuye en un 49,9% (0,501-1) y si la empresa es persona natural en 61,7% (0,383-1). Efectivamente, cuando hay conocimiento y mayor experiencia sobre la importancia de llevar contabilidad y se hace un uso

adecuado de la información proporcionada por la actividad económica basada en el presupuesto, permite direccionar los sistemas de control de gestión, entre estos: ventas, producción, compras, gastos, costos directos e indirectos, costos de capital, de inventarios, productos en proceso y productos terminados y el efectivo (Welsch et al., 2005).

Tabla 13. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Controla ingresos y gastos “en un cuaderno”.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Propietario	1,776	,408	18,917	1	,000	5,907	2,653	13,150
Género	-,701	,299	5,492	1	,019	50	,276	,892
De 18-25	2,755	,865	10,143	1	,001	15,726	2,886	85,711
De 26-35	,766	,352	4,739	1	,029	2,152	1,079	4,291
Universitario	-1,369	,331	17,133	1	,000	,254	,133	,486
Posgrado	-1,016	,456	4,968	1	,026	,362	,148	,885
Soc. colectiva	2,046	1,015	4,063	1	,044	7,740	1,058	56,611
De 1-10 empleados	1,435	,468	9,409	1	,002	4,201	1,679	10,513
Más de 4 años	1,097	,308	12,674	1	,000	2,995	1,637	5,480
Constante	-2,744	,659	17,349	1	,000	,064		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El valor del *odds ratio* para las variables propietario (OR 5,907), edad de 18 a 25 años (OR 15,726), 26 a 35 años (OR 2,152), sociedad colectiva (OR 7,740), empresas de 1 a 10 empleados (OR 4,201) y empresas con más de cuatro años en el mercado (OR 2,995), cuantifica en qué grado aumenta (en veces) la probabilidad de control de ingresos y gastos en un cuaderno, si las demás variables permanecen constantes. Sin embargo, la probabilidad disminuye para las variables explicativas género, nivel educativo universitario y posgrado en un 50,4%, 74,6% y 63,8% respectivamente.

En consecuencia, el control manual de ingresos y gastos con la probabilidad de aumento, se presenta en empresas donde su director es joven, son micro y sus directivos tienen un nivel educativo bajo. Saavedra y Loé (2018) aclaran, que la principal razón de ello es la falta de una herramienta que, de acuerdo con necesidades específicas, y elaborada por el propio empresario, permita controlar todas las operaciones de la empresa.

Tabla 14. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Medio de Financiación “Préstamo Bancario”.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Primaria	-1,681	,602	7,808	1	,005	,186	,057	,605
Industria	1,392	,652	4,551	1	,033	4,022	1,120	14,447
Constante	,474	,132	12,860	1	,000	1,607		

a. Variable(s) introducida(s) en el paso 1: Primaria.

b. Variable(s) introducida(s) en el paso 2: Industria.

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El tipo de empresa industrial predice una participación del crédito bancario de 4,02 veces mayor, si las demás variables permanecen constantes. De otro modo, el nivel educativo primaria predice un comportamiento menos probable del 80,9%. Es claro que la falta de orientación y de requisitos en muchas MiPymes, limita el acceso al crédito bancario.

Tabla 15. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Financiación con familiares y/o conocidos.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Administrador	-1,449	,636	5,191	1	,023	,235	,068	,817
De 46-55	-1,217	,487	6,236	1	,013	,296	,114	,770
Paso 4 ^d Sociedad anónima	1,718	,769	4,988	1	,026	5,572	1,234	25,159
Persona natural	1,335	,396	11,343	1	,001	3,798	1,747	8,257
Constante	-2,121	,325	42,506	1	,000	,120		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

Las variables que explican el comportamiento de financiación con familiares y/o conocidos en las MiPymes son sociedad anónima y persona natural con *odds ratio* 5,572 y 3,798 respectivamente; cuantifica en qué grado aumenta (veces) la financiación con familiares, si las demás variables permanecen constantes. De otra parte, para las variables administrador y edad de 46 a 55 años, este modo de financiación disminuye: el comportamiento de esta variable es menos probable en un 76,5% y 70,4% respectivamente.

Tabla 16. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Recurre al Crédito Informal Gota-Gota.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Primaria	2,187	,840	6,783	1	,009	8,905	1,718	46,166
Secundaria	1,314	,692	3,604	1	,058	3,721	,958	14,449
Paso 3 ^c Sociedad limitada	1,309	,677	3,737	1	,053	3,701	,982	13,947
Constante	-4,081	,536	57,970	1	,000	,017		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

La variable nivel educativo primaria explica el comportamiento del crédito informal Gota-Gota en las MiPymes de Villavicencio. La *odds ratio* (8,905) cuantifica las veces en que aumenta la probabilidad de participación en esta modalidad de crédito, si las demás variables permanecen constantes. Las variables nivel de estudio secundaria y sociedad limitada no son variables estadísticamente significativas, los IC para el Exp(B) contiene el 1, es decir, que no implican ninguna asociación o cambio con la variable criterio.

Tabla 17. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Sobregiro Bancario.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Administrador	1,549	,565	7,521	1	,006	4,705	1,556	14,232
Paso 3 ^c SAS	1,322	,569	5,393	1	,020	3,749	1,229	11,438
Más de cuatro años	2,345	1,053	4,957	1	,026	10,433	1,324	82,203
Constante	-5,865	1,113	27,769	1	,000	,003		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

Las variables: Administrador, empresas SAS y empresas con más de cuatro años en el mercado, cuyos valores de la *odds ratio* son 4,705, 3,749 y 10,433 respectivamente, cuantifican en qué grado aumenta (veces) el sobregiro bancario como medio de financiación, si las demás variables permanecen constantes. Explica la opción de financiación a corto plazo, pero a un mayor costo y se presenta posiblemente por falta de planificación y de control sobre la información que brinda el flujo de caja en liquidez.

Goldstein et al. (2011) indica que “la baja participación de las empresas de menor tamaño en el crédito al sector privado es un problema que aqueja a todas las economías modernas desde hace muchos años” (p. 11), el principal fallo de los mercados de créditos se centra en la insuficiente información con que cuentan los bancos para realizar las evaluaciones de riesgo. Como resultado imponen la presentación de garantías imposibles de cumplir y elevan las tasas de interés. Además, los pequeños y medianos empresarios presentan equivocaciones técnicas asociadas a la presentación de las solicitudes de préstamo ante los bancos, carecen del diseño de una estrategia, de la capacidad de reunir la documentación pertinente y de garantías suficientes (Goldstein et al., 2011).

Tabla 18. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Principal Ingreso las Ventas.

Variables	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
De 1-10 empleados	1,149	,419	7,527	1	,006	3,154	1,388	7,164
Entre 1 y 2 años	-1,181	,509	5,392	1	,020	,307	,113	,832
Paso 3 ^c Actividad económica (industria)	1,848	1,134	2,659	1	,103	6,350	,688	58,564
Actividad económica (comercio)	1,846	,593	9,691	1	,002	6,331	1,981	20,235
Constante	,298	,544	,299	1	,584	1,347		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

Las variables que explican el comportamiento del ingreso por la venta de mercancía en las MiPymes de Villavicencio, son empresas con 1 a 10 empleados y actividad económica comercio, cuyo *odds ratio* es 3,154 y 6,331, miden en qué grado aumenta (veces) la probabilidad de generación del ingreso por venta de mercancía, si las demás variables permanecen constantes. Para las empresas con 1 a 2 años en el mercado, el comportamiento de esta variable disminuye, es menos probable en un 69,3%.

Tabla 19. Variables en la ecuación, siendo la variable criterio Capital de Trabajo.

	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)		
							Inferior	Superior	
Paso 3 ^c	Primaria	-2,018	,557	13,103	1	,000	,133	,045	,396
	Cooperativa	-3,185	1,259	6,395	1	,011	,041	,004	,489
	Persona natural	-1,181	,364	10,535	1	,001	,307	,150	,626
	Constante	2,492	,293	72,177	1	,000	12,079		

Fuente: Elaboración a partir de la información obtenida de MiPymes y los procesos del software SPSS V.22.

El capital de trabajo como componente fundamental de las decisiones operacionales para el funcionamiento de las empresas no debe faltar. Sin embargo, en las variables predictoras aparece el bajo nivel académico, empresas micro no legalizadas y cooperativas que explican y predicen en un grado muy importante la probabilidad de disminución por la falta de planificación y de atención al capital de trabajo.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación ponen de manifiesto la importancia de las decisiones financieras a corto plazo, para la generación de flujo de caja en las MiPymes ubicadas en Villavicencio-Colombia y la probabilidad de que estas decisiones aumenten o disminuyan de acuerdo con la presencia de variables predictoras.

Las variables predictoras nivel académico universitario y posgrado han marcado las decisiones de compra y venta de mercancía de contado, venta a crédito, control de ingresos y gastos con base en los estados financieros y control de ingresos y gastos de forma manual en un cuaderno. En conclusión, se establece una clara diferencia cuando se aplican los conocimientos en finanzas, planificación estratégica financiera y presupuestos, la adopción de la forma de financiación a corto plazo con proveedores, la capacidad de negociación para la flexibilidad en los pagos, bajos costos financieros, manejo de cartera y riesgos de impago. Decisiones en favor de nuevos mercados, mayor eficiencia o actividad, incremento de la liquidez, manejo del capital de trabajo, solvencia, optimización del ciclo de operación y generación de valor en la empresa.

No obstante, las variables predictoras de bajo nivel académico (primaria, secundaria y tecnólogo), expresan bajo conocimiento en finanzas, aspecto reflejado en las decisiones de compra de mercancía a crédito, control de ingresos y gastos en la empresa, préstamo bancario y la capacidad para generar capital de trabajo. La probabilidad de disminución de la ocurrencia de estas variables manifiesta la carencia de planificación, desconocimiento de las fuentes de financiación, la incapacidad de adquirir un crédito de costo competitivo y el temor al endeudamiento bancario. Por otro lado, se presenta el aumento de la probabilidad de recurrir al crédito informal gota-gota como medio de financiación, a sabiendas, de que es la opción de costo más elevado, que lleva a la quiebra a empresas pequeñas y nuevas en el mercado.

Del mismo modo, se evidencia que las MiPymes, persona natural, empresas de 1 a 10 empleados y de 1 a 2 años en el mercado, presentan una probabilidad de ocurrencia que disminuye en las siguientes variables criterio: compra y venta de mercancía a crédito, control de ingresos y gastos con base en estados financieros, capacidad para generar capital de trabajo. Caso contrario, en MiPymes de 1 a 10 empleados la probabilidad de control de ingresos en un cuaderno aumenta, al igual que en las microempresas persona natural, la financiación con amigos y familiares aumenta y el principal ingreso son las ventas. Lo anterior refleja microempresas que carecen de organización financiera, no llevan contabilidad y muchos no hacen uso eficiente de esta información. De ahí, que la planificación

financiera, como lo exponen Masilo y Aguirre (2016) es una herramienta esencial para la toma de decisiones financieras, su uso es limitado en empresas pequeñas, especialmente en países en desarrollo y ciudades jóvenes como Villavicencio, donde los índices de riesgo financiero son más elevados y como consecuencia, un alto porcentaje de MiPymes fracasan, debido en parte al desconocimiento de temas administrativos-financieros y a la falta de uso de la planificación formal (Masilo & Aguirre, 2016).

Agregando a lo anterior, las empresas con más de 4 años en el mercado y propietarios y administradores de las MiPymes, presentan la probabilidad de ocurrencia en aumento para las variables criterio sobregiro bancario, controla ingresos y gastos en un cuaderno, y controla ingresos y gastos en la empresa. La experiencia en estas organizaciones les exige un control, pero no ha sido técnicamente implementado y se prevé un aumento del uso del control manual. La financiación con sobregiro bancario aumenta, esta modalidad presenta tasas cercanas a la tasa de usura y de pago inmediato, debe ser utilizado solo en situaciones de extrema necesidad operacional. En la mayoría de las MiPymes sus directivos dueños o administradores, presentan desinterés por la gestión financiera; la carencia de un sistema contable formalizado, su interpretación y utilización de la información significativa, trae como consecuencia el desconocimiento sobre estrategias para la toma de decisiones adecuadas, complejidad en la toma de decisiones básicas para la operatividad y estabilidad de las empresas.

Además, las decisiones financieras operacionales en las MiPymes se ven influenciadas por la asimetría de la información de variables micro y macroeconómicas, que escapan al conocimiento y control del director o empresario, mecanismos de control de precios, oferta y demanda, relaciones laborales e intervención del Estado (Durán 2011). De igual manera, las dificultades de acceso a fuentes de financiación se ve influenciada por la baja eficiencia, la calificación de riesgo y de menor atractivo percibido por los entes externos frente a las MiPymes (Mary et al., 2014).

Por lo tanto, una alineación de procesos organizacionales, financieros y formación de capital humano acorde con las necesidades y la normatividad interna y externa de las MiPymes, les permitirá mayor productividad y competitividad en el mercado.

Las MiPymes organizadas con una visión financiera estratégica tienden a apalancarse con sistemas financieros externos. En caso contrario, estas empresas financian su ciclo operacional con fondos permanentes de patrimonio, recursos propios, de familiares, créditos informales, pasivos de corto plazo y en menor proporción con deuda de largo plazo (Mary et al., 2014 a).

Desde el enfoque cualitativo, se percibe una visión optimista en los participantes sobre la comprensión de estrategias y riesgos financieros y las formas de protección. Afirmaciones como la “alianza para ofrecer créditos educativos a egresados y comerciantes sin formación académica” son un sentir común de estos empresarios. Por otra parte, el empresario constituido de manera informal ve las facultades de ciencias administrativas y contables como organismos alejados de su cotidianidad, dedicados a promover acercamientos con la estructura tributaria del país.

El trabajo presenta limitaciones como la realización del estudio en la ciudad de Villavicencio-Colombia. Se recomienda que en investigaciones futuras se replique este estudio en otras ciudades y países a fin de comparar los resultados que conduzcan a la innovación de estrategias válidas en decisiones operacionales para garantizar la supervivencia, operatividad y competitividad de las MiPymes.

Agradecimientos

La investigación ha sido financiada por la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. NIT. 800.116.217-2 con número de convenio C119-104 del 3 de julio de 2019.

Referencias

- Alderete, M. (2006). Fundamentos del Análisis de Regresión Logística en la Investigación Psicológica. *Evaluar. Universidad Nacional de Córdoba. Evaluar*, 6, 52-67.
- Arrubla, M. (2016). Finanzas y educación financiera en las empresas familiares Pymes. *Sinapsis*, 8, 99-118.
- Ávila, R. (2008). La Investigación Acción Pedagógica. *Colección pedagógica siglo XXI*. Bogotá D.C.: Ediciones Antropos.
- Berlanga, V., & Vilá, R. (2014). Cómo obtener un Modelo de Regresión Logística. Binaria con SPSS. *Reire*, 7, 105-118. <https://doi.org/10.1344/reire2014.7.2727>
- Betancurt, H. (2019). Comportamiento irracional en la toma de decisiones. *Revista Latinoamericana de Investigación Social*, 1, 54-64. <http://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/relais/article/view/1794>
- Bojórquez, J., López, L., Hernández, M., & Jiménez, I. (2013). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)*, 1-9. <http://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP065.pdf>
- Camarero, L., Almazán, A., & Mañas, B.(s.f). *Regresión Logística: fundamentos y aplicación a la investigación sociológica*. Departamento de Sociología UNED. <https://www.coursehero.com/file/62105996/Odd-Ratio-LogitV2pdf/>
- Campo, A., & Oviedo, H. (2008). Propiedades Psicométricas de una Escala: la Consistencia Interna. *Salud Pública*, 10(5), 831-839. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642008000500015>
- Castro, S., Malagón, J., Técnico, V., Rojas, A., & Montoya, G. (2017). La Educación Financiera como Motor de Desarrollo de las Mypes en Colombia. *ASOBANCARIA*, 1094, 1-10. www.yodecidomibanco.com
- Córdoba, M. (2012). *Gestión financiera* (1ª. ed.). Bogotá: ECOE Editores.
- DANE (2021). *Sistema Estadístico Nacional-SEN*. Bogotá. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/210310-InfoDane-Villavicencio-Meta.pdf>
- De la Fuente, F. (2011). *Regresión Logística*. Ed. Universidad Autónoma de Madrid. <https://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/CUALITATIVAS/LOGISTICA/regresion-logistica.pdf>
- Ding, C., & Hershberger, S. (2002). Assessing Content Validity and Content Equivalence Using Structural Equation Modeling. *Structural Equation Modeling*, 9(2), 283-297. <https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902>
- Dini, M., & Stumpo, G. (2018). Mipymes en América Latina Un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento. *Comisión Económica para América latina y el Caribe. Publicaciones de la CEPAL*. Santiago de Chile: Naciones Unidas Ed. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44148/1/S1800707_es.pdf
- Domínguez, J. (2016). *Mipymes generan alrededor del 67% del empleo en Colombia*. Bogotá D.C.:

Actualícese.

- Durán, Y. (2011). Administración del Capital de Trabajo: una herramienta financiera para la gerencia de las PyME tradicionales venezolanas. *Visión Gerencial*, 1, 37-56.
- Fachelli, S., & López, P. (2015). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. Universidad Autónoma de Barcelona. <http://ddd.uab.cat/record/163570>.
- Fernández, C., & Baptista, M.P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill.
- Fernández, A., DGuevara, R., & Madrid, R. (2017). Las finanzas conductuales en la toma de decisiones. *Fides Et Ratio*, 13, 127-144. http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v13n13/v13n13_a09.pdf
- Ferre, E. (2019). *Regresión logística*. Universidad de Murcia. <http://sae.saiblogs.inf.um.es/>
- Fonseca, C.M. (2013). Toma de decisión: ¿teoría racional o de racionalidad limitada? *Káthalathos*, 7(1), 1-13. http://kalathos.metro.inter.edu/kalathos_mag/publications/archivo5_vol7_no1.pdf
- Franco, M. (2012). *Factores determinantes del dinamismo de las Pymes en Colombia*. [Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona]. Repositorio institucional ICESI. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/66146/1/pymes_colombia.pdf
- García, J.A. (2014). El proceso de toma de decisiones y de resolución de problemas. *Psicoterarutas.com*. <https://www.cop.es/colegiados/m-00451/tomadeciones.htm>
- Gitman, L. (2008). *Principios de Administración Financiera* (8ª. ed). México: Pearson.
- Gitman, L., & Zutter, C. (2012). *Principio de Administración financiera* (12ª. ed). México: Perason.
- Goldstein, E., Zuleta, L., Garrido, C. (2011). *Eliminando barreras: El financiamiento a las pymes en América Latina*. Documentos de Proyectos, Estudios e Investigaciones Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. (1999). *Análisis Multivariante* (5ª. ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Hosmer, D., & Lemeschow, S. (2000). *Appied Logistic Regression* (2ª. ed.). U.S.A.: Wiley-Inte.
- Jiménez, J., Rojas, F., & Ospina, H. (2013). La importancia del ciclo de caja y cálculo del capital de trabajo en la gerencia PYME. *Clio América*, 7(13), 48-63. <http://dx.doi.org.ezproxy.uniminuto.edu/10.21676/23897848.436>
- Kamaluddin, A., Ishak, N., & Mohammed, N.F. (2019). Financial Distress Prediction Through Cash Flow Ratios Analysis. *International Journal of Financial Research*, 10(3), 63-76. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v10n3p63>
- Llaugel, F., & Fernández, A. (2011). Evaluación del uso de modelos de regresión logística para el diagnóstico de instituciones financieras. *Ciencia y Sociedad*, XXXVI(4), 590-627. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=870/87022786002>
- López, E., & Ruiz, M. (2011). Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Revista Española de Pedagogía*, 248, 59-80. <https://www.jstor.org/stable/23766383>
- Lozano, B. (2015). Strategic decisions of family firms on cash accumulation. *Revista de Administración*

- de Empresas*, 55(4), 461-466. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0034-759020150409>
- Manrique, J. (2017). Importancia del Flujo de Caja en las PYMES. *Grandes Pymes*, 12, 35-46. <https://www.grandespymes.com.ar/2016/06/07/importancia-del-flujo-de-caja-en-las-pymes-2/>
- Maroto, J.A. (1993). La situación económico-financiera de las empresas españolas y la competitividad. *Economía Industrial*, 291, 89-106.
- Mary, A., Zuray, A., & Edwin, H. (2014). Acceso a la financiación en Pymes colombianas: una mirada desde sus indicadores financieros. *Revista de Ciencias Administrativas INNOVAR*, 24, 149-160. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81831420012>
- Masilo, A., & Aguirre, M. (2016). Estudio de revisión sobre la planeación financiera y propuesta de modelo empírico para pymes de México. *CIMEXUS*, XI(2), 73-106.
- ONU (2021). *Microempresas, pequeñas y medianas empresas: la primera respuesta a las necesidades sociales*. <https://onu.org.gt/fechas-onu/dias-internacionales/junio/4525-2/>
- Ortiz, A. (1994). *Gerencia Financiera. Un Enfoque Estratégico* (1ª. ed.). Bogotá D.C.: McGrawHill.
- Perdomo, A. (2008). *Elementos básicos de administración financiera* (1ª. ed). México: Impresiones, Ed. https://issuu.com/estradaproducciones/docs/elementos_basicos_de_administracion
- Reddy, R., Bruhn, M., & Tan, C. (2013). *Capacidades financieras en Colombia* (1ª. ed). Washington: Banco Mundial.
- Regent, P. (2012). Dirigir. ¿Intuición o Método? Algunas Reflexiones de Verano. *IEEM Revista de Negocios*, 5, 34-41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4040838>
- Rodríguez, N., & López, J. (2016). El Flujo de caja como determinante de la estructura financiera de las empresas españolas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 21, 141-150. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2257/1829>
- Romero, L. (2006). Las PYME en la economía global Hacia una estrategia de fomento empresarial. *Problemas de desarrollo*, 37(146), 31-50. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362006000300003
- Romero, Y., & Ramírez, J. (2018). Relación con el nivel de conocimiento financiero. *Suma de Negocios*, 9(19), 36-44. <http://dx.doi.org/10.14349/sumneg/2018.V9.N19.A5>
- Ross S, W.R. (2018). *Fundamentos de Finanzas Corporativas* (11ª. ed.). México: McGrawHill Ed.
- Saavedra, M., & Loé, J. (2018). Flujo de efectivo para las pymes una propuesta para los sectores automotor y de tecnologías de la información en México. *Finanzas y Política Económica*, 10(2), 287-308. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2018.10.2.3>
- Salazar, A., Sánchez, R., & Schmitt, C. (2016). Factores que influyen en los problemas del emprendimiento de las mipymes: una percepción de los expertos. *Administración & Finanzas*, 9(1), (February), 95-113.
- Searle, J.R. (1997). *La construcción de la realidad social*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Sewell, M. (2010). *Behavioural Finance*. University of Cambridge. <http://www.behaviouralfinance.net/behavioural-finance.pdf>

- Soler, S. (2008). *Coefficientes de confiabilidad de instrumentos escritos en el marco de la teoría clásica de los tests*. *Educación Médica Superior* 22(2), 1-14.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2016). *Bases de la investigación cualitativa (1998). Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Ediciones CONTUS - Universidad de Antioquia.
- Torrado, M., & Berlanga, V. (2013). Análisis Discriminante mediante SPSS. *REIRE*, 6(2), 150-166. <https://doi.org/10.1344/reire2013.6.26210>
- Vidal, J. (2012). Teoría de la decisión: proceso de interacciones u organizaciones como sistemas de decisiones. *Cinta Moebio*, 44, 136-152. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2012000200004>
- Vinacua, V. (2007). *Análisis estadístico* (3ª ed.). España: McGrawHill Ed.
- Welsch, G., Hilton, R., Gordon, P., & Rivera, C. (2005). *Presupuestos. Planificación y Control* (6ª ed.). México: Pearson Ed.
- Wild, J., Subramanyam, K.R., & Halsey, R.F. (2007). *Análisis de estados financieros* (9ª. ed.). México: McGrawHill Ed.
- Zuñiga, H., González, E., & Gutiérrez, M. (2010). Administración efectiva en las pequeñas y medianas empresas de la región centro del Estado de Coahuila durante 2009-2010 con la gestión y utilización de reportes financieros y operativos. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 2517-2536. <https://www.riico.net/index.php/riico/article/viewFile/694/1284>



Firm-level determinants of business tax evasion in emerging economies: the case of Argentina

PEDRONI, FLORENCIA VERÓNICA
Universidad Nacional del Sur (Argentina)
Correo electrónico: florencia.pedroni@uns.edu.ar

BRIOZZO, ANAHÍ
Universidad Nacional del Sur (Argentina)
Correo electrónico: abriozzo@uns.edu.ar

PESCE, GABRIELA
Universidad Nacional del Sur (Argentina)
Correo electrónico: gabriela.pesce@uns.edu.ar

ABSTRACT

This paper aims to identify the determinants of revenue underreporting and their temporal evolution from a business perspective in formal firms located in an emerging country with high inflation (Argentina). We propose a conceptual model and we estimate it empirically using a logistic regression based on pooled data 2010-2017 of the World Bank Enterprise Surveys. The findings show that revenue underreporting is a multicausal phenomenon where taxes lose importance in the light of other determinants such as: corruption, regulation and bureaucracy, quality of public and government services, detection probability, sector informality and political instability. Moreover, the outcomes recognize companies' characteristics with a greater propensity to underreport sales (smaller size, selling in domestic market, from manufacturing sector, without external financing, with male entrepreneurs). Our empirical evidence is relevant for the formulation of public policies aimed at reducing revenue underreporting.

Keywords: informal sector; revenue underreporting; tax; corruption; bureaucracy; institutional quality; emerging economy.

JEL classification: E26, H26, O17, M21, D22, H32.

MSC2010: 91G70, 91B02, 62H12, 62P20, 62P05.

Determinantes microeconómicos de la evasión tributaria empresarial en economías emergentes: el caso de Argentina

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo identificar los determinantes de la subdeclaración de ingresos y su evolución temporal desde la óptica de los empresarios en compañías registradas de un país emergente con alta inflación (Argentina). Se propone un modelo conceptual y se estima empíricamente mediante una regresión logística a partir de datos fusionados de secciones cruzadas independientes de los años 2010 y 2017 de las bases Enterprise Surveys del Banco Mundial. Los resultados muestran que la subdeclaración de ingresos es un fenómeno multicausal donde los impuestos pierden importancia a la luz de otros determinantes como: corrupción, regulación y burocracia, calidad de los servicios públicos y gubernamentales, probabilidad de detección, informalidad del sector e inestabilidad política. Además, los resultados reconocen las características de las empresas con mayor propensión a subregistrar las ventas (menor tamaño, venta en el mercado interno, del sector manufacturero, sin financiamiento externo, con empresarios del género masculino). La evidencia es relevante para la formulación de políticas públicas tendientes a reducir la subdeclaración de ingresos.

Palabras clave: sector informal; subdeclaración de ingresos; impuestos; corrupción; burocracia; calidad institucional; economía emergente.

Clasificación JEL: E26, H26, O17, M21, D22, H32.

MSC2010: 91G70, 91B02, 62H12, 62P20, 62P05.



1. Introduction

The informal economy includes both individuals and companies not registered in regulatory agencies, as well as registered enterprises that report a lower level of sales to reduce the tax burden (La Porta & Shleifer, 2008). In that sense, revenue underreporting represents a part of the informal sector and is, at the same time, a kind of tax evasion (Slemrod & Weber, 2012).

Non-reported activities produce a series of consequences both at a general and private level. In the macroeconomic sphere, they can create a vicious circle, hampering economic growth by diverting resources from productive uses to unproductive ones and distorting official statistics, which makes difficult the task of public policy makers (Putniņš & Sauka, 2015; Schneider & Enste, 2000). At the microeconomic level, although hidden activities generate additional income for companies, various disadvantages also arise. The existence of unreported sales restricts the ability of firms to obtain debt or capital financing because potential creditors and/or investors cannot verify real (hidden) cash flows (Putniņš & Sauka, 2015). In addition, it hinders the management process of the entity generating difficulties in determinant results (declared and undeclared information is required). It also generates inconveniences in stock management and loss of control over resources in general, facilitating potential theft and fraud.

Tax evasion is one of the main problems of emerging and transition economies. In many developing countries, the informal sector accounts for between a third and half of the total economic activity, a share that declines sharply as the economy develops (La Porta & Shleifer, 2008). In Latin America (LA), according to estimates for the period 1991-2015, the informal economy represents 38.81% of the Gross Domestic Product (GDP) (Medina & Schneider, 2017); while in Argentina, the results for the same period indicate that the informal sector represents 24.10% of GDP (Medina & Schneider, 2017), reaching 28.65% in 2016 (Schneider & Boockmann, 2017).

Given the adverse effects of the informal economic activity, numerous studies have focused on identifying its determinant factors (Batra, et al., 2003; Dabla-Norris et al., 2008; De Soto et al., 1987; Feld & Schneider, 2010; Johnson et al., 2000; La Porta & Shleifer, 2008; Perry et al., 2007; Santa María & Rozo, 2009; Schneider & Enste, 2000; 2013). However, much of the empirical literature on size and determinants of the informal economy comprises quantitative studies conducted with macroeconomic data (Tedds, 2010; Hibbs & Piculescu, 2010) usually in developed countries; while, in the case of tax evasion, works focused on the individual (personal taxes) predominate (Abdixhiku, Pugh & Hashi, 2018; Alm & McClellan, 2012; Nur-tegin, 2008; Tedds, 2010; Torgler, 2011). The literature review reveals the lack of informality studies in formal companies with microeconomic quantitative approaches, especially in emerging economies.

This research aims to fulfil the identified gap by examining the revenue underreporting with microdata in a developing country. In this sense, the study is relevant because it faces a double challenge: the limited availability of data in underdeveloped countries, and especially on a topic 'invisible by nature' for which it is complex to gather information. Moreover, the proposed microeconomic approach is important because it allows knowing the behaviour of economic agents at the individual level that is central to derive implications of public policies.

Specifically, this paper aims to identify the determinants of revenue underreporting in Argentine formal firms and their evolution from a business perspective. Therefore, our research question is: what are the factors that influence the practice of revenue underreporting in registered companies in Argentina? It is important to clarify that this article studies the underreporting of sales by formal companies, which is, at the same time, a kind of tax evasion. This research does not include the activity of unregistered firms (100% informal) or labour informality (employees not registered in the social security system: 'unregistered employment'). Therefore, the use of the words informal, informality, level or degree of informality and the like should be understood with

the scope mentioned here: linked to the decision to underreport revenue (sales). Some authors use the term "partial informality" to refer to this phenomenon (Perry et al., 2007).

To address the proposed objective, we use the World Bank Enterprise Survey pooled data of 2010-2017 from Argentina. The Argentine economy is an emerging context of particular interest to study business informality given its high tax rates, the low tax morale of its citizens, and the growing inflationary process it faces. Methodologically, we calculate descriptive statistics, and we perform bivariate and multivariate analyses. For the latter, we estimate logit regression models where the binary dependent variable UNDERREPORTING OF REVENUE act as a proxy for the company informality level, and the independent variables represent determinants of underreporting and control variables.

In addition to this introductory section, the article is structured as follows. Section 2 presents the conceptual framework, describes the previous empirical studies, formulating the hypothesis and characterizes business informality in Argentina. Section 3 describes the proposed model and the empirical strategy, detailing the sources of information and variables of interest, as well as the methods of processing and analysing the data. The results are shown in the fourth section: descriptive statistics and multivariate analysis. The fifth section includes the final considerations, indicates limitations of the study and raises future lines of research.

2. Determinants of informality: theoretical pillars and empirical background

2.1. Conceptual framework

Existing informal sector theories assume almost invariably that formality imposes burdens on companies (taxes or costs of compliance with regulatory requirements) and, at the same time, provides benefits (access to quality public goods or services and financing) (Allingham & Sandmo, 1972; Batra et al., 2003; Dabla-Norris et al., 2008; De Soto et al., 1987; Johnson et al., 2000; La Porta & Shleifer, 2008; Perry et al., 2007; Santa María & Rozo, 2009). Basically, this trade-off determines then the decisions of individual economic units whether or not to go informal, and ultimately, the relative size of the informal sector (Dabla-Norris et al., 2008). In these sense, Perry et al. (2007, p. 12) have expressed:

Once again it seems that companies conduct a careful cost-benefit analysis, comparing the "private" benefits of informality (tax evasion, avoiding excessive regulations) with their "private" costs (risk of fines and bribes, imperfect access to markets and government services) when they select their "degree" of formality'. (p.12)

From the above, it is observed that the literature identifies different determinants of informality: taxes, regulation, bureaucracy, corruption, penalties, public and government services efficiency, quality of institutions and the legal system, among others. Some of these factors come from the theoretical models of tax evasion (Allingham & Sandmo, 1972; Andreoni et al., 1998; Cebula, 1997), while other elements correspond to the precepts of institutional theory (North, 1990; Williams & Horodnic, 2016; Webb et al., 2009) or to psychological and sociological aspects (Schneider & Enste, 2013).

The issues associated with the rational choice theory and institutional elements are captured by Friedman et al. (2000), who recognized the existence of two schools of thought that explain the motivations of entrepreneurs to operate in the informal sector. One of them identifies high tax rates as the main culprit: companies that operate in the unofficial economy are simply trying to keep all of their profits for themselves. An alternative view holds that when unregistered economic activity rises, the political and social institutions that govern the economy are to blame: bureaucracy, corruption, and a weak legal system bear primary responsibility for driving

businesses underground. In this context, firm managers may be willing to be taxed at a reasonable rate, but they are unwilling to tolerate constant extortionate and arbitrary demands.

Thus, the model of informality determinants proposed by Friedman et al. (2000) suggests an important contrast between the effects of excessive regulation and corruption, on the one hand, and tax rates, on the other. Regulatory burden and corruption constitute an unequivocal disincentive to operate in the official sector. In turn, high tax rates have two potentially compensatory effects: the direct effect increases the incentive to hide the activity, while the indirect effect, through the provision of a better legal environment, encourages operation in the official sector. The model suggests that a higher tax rate does not necessarily correlate with greater participation in the informal economy.

2.2. Empirical evidence and hypotheses

The literature review allows us to recognize a large number of works on estimation and determinants of the informal economy with a variety of approaches. Different empirical approaches have been developed to approximate the size of the informal sector (Frey & Pommerehne, 1984; Schneider & Enste, 2000) and identify their causes. The methods that employ direct indicators (questionnaires or tax audits) focus on the behavior of individuals, trying to circumvent their reluctance to provide information. For its part, the underlying logic in indirect methods is that economic activity, whether informed or hidden, leaves observable traces or indicators, such as electricity consumption, use of money and transactions, and official participation rates in the workforce. Such observable indicators are used in several econometric specifications to estimate the true level of economic activity which, when subtracted from the registered economic activity, allows obtaining an estimate of the informal economy (Putniņš & Sauka, 2015).

Most of approaches utilise macroeconomic approaches (Buehn & Schneider, 2012; Cebula, 1997; D'Hernoncourt & Méon, 2012; Dell'Anno et al., 2007; Feige, 1994; Friedman et al., 2000; Ihrig & Moe, 2004; Johnson et al., 1997; Johnson et al., 1998; Lackó, 2000; Loayza, 1996; Schneider & Enste, 2013; Schneider, 1997, 2016; Tanzi, 1983), especially using the Multiple Indicator Multiple Cause Model (MIMIC) (Buen & Schneider, 2011; D'Hernoncourt & Méon, 2012; Dell'Anno, 2007; Dell'Anno et al., 2007; Loayza, 1996; Schneider & Enste, 2013; Vuletin, 2008).

Additionally, we identify empirical antecedents on measurement and determinants of informal economy with microeconomic approaches. Within this microdata-based literature, there are two types of studies: one that addresses the phenomenon by comparing registered versus unregistered companies (De Paula & Scheinkman, 2011; Santa María & Rozo, 2009; Siqueira et al., 2016; Villar et al., 2015a, 2015b; Williams & Kedir, 2018; Williams et al., 2016), and another one that focuses exclusively on formal firms. Research on registered companies includes, in turn, studies that examine informality in a comprehensive manner involving unreported sales and wages (Johnson et al., 2000; Putniņš & Sauka, 2015) and others that do it more specifically by analysing only non-reported revenue (Abdixhiku et al., 2017; Abdixhiku et al., 2018; Batra et al., 2003; Alm et al., 2016; Alm & McClellan, 2012; Beck et al., 2014; Dabla-Norris et al., 2008; Nur-tegin, 2008; Pedroni et al., 2018; Pedroni et al., 2019; Pesce et al., 2014; Straub, 2005). The microeconomic approaches are more recent because many of them use data from surveys conducted by the World Bank: Business Environment and Enterprise Performance Survey (BEEPS) and Enterprise Survey (ES). The following paragraphs describe the link between each determinant factor and informality, according to previous empirical evidence. In order to show recent results, sections 2.2.1 and 2.2.2 mainly cite empirical studies published during last decade.

2.2.1. Firm and entrepreneur's characteristics

The literature recognizes a set of company and entrepreneur's characteristics with potential influence on the informality level of a company such as: SIZE, SECTOR, AGE, LEGAL STATUS, OWNERSHIP STRUCTURE, MARKET, FINANCING, and MANAGER'S EXPERIENCE AND GENDER. Firm size is one of the most identified factors for its negative link with the informal economy, that is, formality increases with the size of the company (Abdixhiku et al., 2017; Alm et al., 2016; Alm & McClellan, 2012; Beck et al., 2014; De Paula & Scheinkman, 2011; Pesce et al., 2014; Putniņš & Sauka, 2015; Siqueira et al., 2016; Tedds, 2010; Villar et al., 2015a; Williams & Kedir, 2018).

The empirical findings also indicate that informality is more recurrent in young companies (Beck et al., 2014; Pesce et al., 2014; Santa María & Rozo, 2009; Siqueira et al., 2016; Villar et al., 2015a; Williams et al., 2016), from the services sector (Abdixhiku et al., 2017), organized as sole proprietorships or non-limited partnership (Abdixhiku et al., 2017; Alm et al., 2016; Tedds, 2010; Williams et al., 2016; Williams & Kedir, 2018), nationally owned (Alm & McClellan, 2012; Tedds, 2010), which carry out their economic activities in the domestic market (Williams & Kedir, 2018), and do not resort to external financing (Pesce et al., 2014; Siqueira et al., 2016; Villar et al., 2015a, 2015b; Williams et al., 2016). On the other hand, informality is negatively associated with OTHER FIRMS' CHARACTERISTICS, such as certified financial statements (Beck et al., 2014; Siqueira et al., 2016; Tedds, 2010; Williams & Kedir, 2018) or international quality certifications (Williams & Kedir, 2018), issues that may be capturing the firm size effect.

Likewise, the propensity to participate in the informal sector decreases with the manager's level of education and experience, issues associated with individual productivity considered by informality analytical models. The empirical evidence is divergent regarding the impact of the entrepreneur's gender on informality. Studies that analyse how entrepreneurs start (registered or not) or examine ownership percentages by gender find that women are more likely to operate in the informal sector (De Paula & Scheinkman, 2011; Villar et al., 2015a). However, the evidence from works about tax compliance by gender shows that female entrepreneurs present a lower probability of underreporting revenue (Bazart & Pickhardt, 2009; Gerxhani, 2007; Lewis et al., 2009), cited by Kastlunger et al. (2010).

Considering the previous empirical evidence, we formulate the hypotheses as follows:

(H1) The company and entrepreneur's characteristics influence the level of revenue underreporting in formal companies. Specifically, the probability of not reporting part of the sales is related:

(H1a) negatively to the company size;

(H1b) positively to the services sector;

(H1c) negatively to the firm age;

(H1d) positively to the sole proprietorship legal status;

(H1e) positively to the ownership concentration or to the majority national participation in ownership structures;

(H1f) negatively to the exporter condition;

(H1g) negatively to the use of external financing sources;

(H1h) negatively to other firm's characteristics (certified financial statements, international quality certification);

(HIi) negatively to the entrepreneur's experience;

(HIj) negatively to female entrepreneurs or female owners;

2.2.2. Environmental factors

In addition to the entrepreneurs' characteristics described above, the literature recognizes a set of environmental factors with potential influence on the firm underreporting practice. Consistent with the formal models, different research studies confirm the positive link between CORRUPTION and informality, that is, high corruption contexts generate greater incentives to hide economic activities (Abdixhiku et al., 2017; Abdixhiku et al., 2018; Alm et al., 2016; Alm & McClellan, 2012; Beck et al., 2014; D'Hernoncourt & Méon, 2012; Pesce et al., 2014; Tedds, 2010; Williams & Kadir, 2018; Williams et al., 2016). Some authors point out that the causality of the relationship between corruption and the informal economy can also be read in the opposite direction: the greater the informality, the greater the need for payment of bribes (Johnson et al., 2000), that is, tax evasion can create additional opportunities for corruption to prosper. However, the results of previous studies provide evidence that corruption is a determinant of informality and not vice versa (Alm et al., 2016).

The REGULATION AND BUREAUCRACY factor is also widely analysed in the empirical literature, suggesting that contexts with heavier regulations (in terms of number of laws and requirements, licenses, labor market regulations, trade barriers, etc.) reduce participation in the official economy (Alm & McClellan, 2012; Beck et al., 2014; Buehn & Schneider, 2012; D'Hernoncourt & Méon, 2012; Schneider & Enste, 2013; Tedds, 2010; Williams et al., 2016). In particular, research highlights the incidence of labour regulations (Schneider & Enste, 2000). It is important to note that the concept of regulation is used to refer to the "pro-business" nature of regulations and those rules regarding the preservation of property rights and the execution of contracts (Friedman et al., 2000). With that scope, excessive regulation correlates with more unofficial activity. However, this does not imply that a reasonable regulation, for example, on pollution, health or safety at work, is necessarily associated with a larger size of the informal sector.

The negative relationship between the informal economy and the QUALITY OF INSTITUTIONS, PUBLIC AND GOVERNMENTAL SERVICES is usually used to explain the downward spiral trend of the informality phenomenon (Abdixhiku et al., 2017; Abdixhiku et al., 2018; Beck et al., 2014; Buehn & Schneider, 2012; D'Hernoncourt & Méon, 2012; Putniņš & Sauka, 2015; Williams & Kadir, 2018). That is, under the social contract, individuals fulfil certain obligations (such as paying taxes) and the state should provide an appropriate legal framework for the development of economic activities and quality public services. However, given a poor state provision of such elements, agents do not receive sufficient benefits for the fulfilment of their duties as citizens and, therefore, have greater incentives to develop activities informally. This reduces tax revenues and motivates the tax increase on the formal sector, situations that further undermine the ability of the state to efficiently provide public goods and services (Johnson et al., 1997; Schneider & Enste, 2000).

On the other hand, the empirical literature supports the theoretical predictions regarding the ambiguous relationship between TAXES and informality, although most of the studies find a positive link between the tax burden and the size of the informal economy (Abdixhiku et al., 2017; Abdixhiku et al., 2018; Alm et al., 2016; Beck et al., 2014; Buehn & Schneider, 2012; Gokalp et al., 2017; Pesce et al., 2014; Putniņš & Sauka, 2015; Schneider & Enste, 2013; Tedds, 2010; Williams & Kadir, 2018). The positive relationship between taxes and the informal economy is linked to the declining part of the Laffer curve, where the increase in the tax rate produces a fall in tax revenue that can be read as the increase in informal activities. The negative association between taxes and hidden activity is verified when tax revenues from higher tax rates allow the

state to provide a solid legal environment and quality public goods by reducing the incentives of companies to migrate to the informal sector (Friedman et al., 2000).

The PENALTY and the DETECTION PROBABILITY factors appear to a lesser extent in the empirical studies, although the results are also consistent with the theoretical predictions: the greater the expected penalty and the greater the perceived detection probability, the lesser the incentive to participate in the informal economy (Putniņš & Sauka, 2015).

For its part, according to La Porta and Shleifer (2008), the level of ECONOMIC DEVELOPMENT measured in terms of GDP per capita is one of the most robust determinants of the size of the informal economy. Also, operating totally or partially in the informal sector represents an important opportunity cost for companies because it hinders the possibility of ACCESS TO FINANCING; hence, the negative link found by empirical studies with this factor (Beck et al., 2014; Villar et al., 2015a, 2015b).

Additionally, previous studies find that the level of INFORMALITY OF THE SECTOR in which the company operates can generate a greater propensity for the other firms in the sector to participate in the informal economy, for example, due to competition and survival issues. Informal sector firms obtain unfair competitive advantages as they offer lower prices than formal companies thanks to reduced operating costs (due to tax evasion and unregistered employment). In addition, informal companies circumvent government regulations that may be burdensome due to excessive bureaucracy and corruption of officials. In that sense, formal companies increase their propensity to underreport revenue because they consider tax evasion more acceptable in order to compensate for unfair competition from unregistered enterprises (Golkap et al., 2017; Pesce et al., 2014).

Considering the previous empirical evidence, we formulate the hypotheses as follows:

(H2) Environmental factors affect the level of revenue underreporting in formal companies. Specifically, the probability of not reporting part of the sales is related:

(H2a) positively to corruption;

(H2b) positively to regulation and bureaucracy;

(H2c) negatively to the quality of institutions, public and government services;

(H2d) positively to taxes;

(H2e) negatively to the penalty if discovered;

(H2f) negatively to the probability of detection;

(H2g) negatively to the level of economic development;

(H2h) negatively to the access to financing (market conditions);

(H2i) positively to the sector informality;

(H2j) positively to political and/or economic instability.

2.3. Business informality in Argentina

Argentina is the third largest economy in LA for its GDP and is ranked among middle-income countries by GDP per capita. However, it is the third country in Latin America and the Caribe (LAC) with negative variation of its GDP and leads the region -together with Venezuela- for

having the highest inflation rate (both data for the year 2018). For its part, Argentina shows deficiencies in terms of financing, positioning as the LAC economy with the lowest level of internal credit provided by the private sector (World Bank Group, 2019b).

Additionally, the Argentine economy is highlighted through the high tax pressure. According to the Paying Taxes 2019 report, the Total Tax and Contribution Rate (TTCR) in Argentina amounts to 106.30%, being twice the LAC average (52.50%) and almost triple the world average (40.40%) (PwC & World Bank Group, 2019). For the calculation of the TTCR the report considers: income or benefits taxes, taxes and labor contributions, and other taxes. Experts indicate that the Argentine TTCR exceeds 100% due, in part, to the lack of fiscal adjustment for inflation and the existence of various taxes at different state levels that generate a multiple taxation: companies can pay three different taxes on the same tax base. Specifically, the Argentine tax system has 163 taxes: 40 national taxes, 41 at the provincial level and 82 that are the responsibility of the municipalities, although only 10 of them summarize 90% of the collection of the entire territory (Instituto Argentino de Análisis Fiscal [IARAF], 2019).

Value Added Tax (VAT) is the main generator of tax revenue in most LA countries. According to Gómez and Morán (2016), the evolution of the VAT evasion rate in LA countries for the period 2000-2014 is fluctuating, varying between 13.4% (Uruguay, 2012) and 49.5% (Peru, 2001). For Argentina, the values range between 19.8% and 34.8% in the period 2001-2007, although recent estimates indicate that the level of VAT evasion is 33.5% (Blanco, 2019). The evasion rates of the corporate income tax in Latin America are higher than the VAT, around 46-52% for legal entities, and 49% for Argentina (Pecho-Trigueros et al., 2012). According to World Bank statistics, Argentina is among the thirty countries with the highest nominal evasion in the world, which, in 2011, that figure was estimated at 25,000 million dollars (Giarrizzo, 2014).

The intrinsic motivation to pay taxes, or tax morale, is one of the factors that influence the behaviour of taxpayers towards their tax obligations (Giarrizzo, 2014). In that sense, tax morale is relatively low in LAC and has been deteriorating since 2011. In 2015, more than half of Latin Americans (52%) were willing to evade paying taxes if possible (OECD et al., 2018). Evasive practices are so rooted in LA that, on average, only 34% of Latin Americans rate tax evasion as "never justifiable," compared to 62% of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) economies, and 20% justify fiscal evasion versus 7% of OECD countries (Borja-Díaz-Rivillas & Lindemberg-Baltazar, 2014). In Argentina, the high value of the weighted tax morale index (8.9), even higher than that of LAC (7.94), indicates that a large part of Argentines consider tax evasion totally justifiable (OECD et al., 2018).

In addition, other factors increase the effective tax pressure in Argentina and motivate tax evasion. In that sense, the combination of the strong inflationary process -in 2018, the annual inflation exceeded 50% (World Bank Group, 2019a)- and the absence of the fiscal adjustment for inflation until 2019, results in very high corporate income effective tax rate, close to 60% (Argentina, Federal Court of Córdoba, 2019). If the inflationary effect on assets and liabilities were discounted, many of the companies that nominally record profits would have losses. The tax correction for inflation began to be applied recently in some closed balance sheets in 2019, as it is enabled by the Income Tax Law when accumulated inflation exceeds 55% in the first year initiated after the Fiscal Reform was in force (Argentina, National Executive Power, 2018).

In summary, the relevance of the Argentine economy in LA, its high tax rates, the low willingness of its citizens to pay taxes, the constant and growing inflationary process it faces, as well as the recent implementation of the adjustment for tax inflation place Argentina in a highly interesting emerging context to study the determinants of business informality.

Studies referring to determinants of the informal economy in emerging countries are scarce. Among the antecedents for Argentina, we identify approaches to informality in the labour and credit market (Acosta & Montes-Rojas, 2014; Sarghini et al., 2001); experimental studies

referring to tax compliance and enforcement level (Castro & Scartascini, 2015; Chelala and Giarrizzo, 2014), and some microeconomic research studies on determinants of the informal sector (Pesce et al., 2014; Villar et al., 2015a, 2015b). Specifically, the articles referred to sales underreporting in formal companies in Argentina have a regional scope (Pesce et al., 2014: south of the province of Buenos Aires), while the most comprehensive ones at the geographical level (Villar et al., 2015a, 2015b) study informality by comparing formal and informal microenterprises. The study proposed in this article aims to reduce the identified gap by analysing the determinants of revenue underreporting in registered firms in an emerging country with high inflation (Argentina) and its evolution from a business perspective.

3. Proposed model and empirical strategy

Based on literature review, we propose a conceptual model where the level of revenue underreporting is determined by a series of structural elements (company and entrepreneur's characteristics), a group of environmental factors (corruption, regulation and bureaucracy, taxes, and others), and a set of control variables (equation 1). Specifically, equation 2 details the determinants included in each group, where β , δ and ω are the sensitivities of the perceived level of revenue underreporting before changes in structural determinants, environmental factors, and control variables, respectively.

$$\begin{aligned} \text{Revenue underreporting} = & \alpha + \sum_{i=1}^I \beta_i * \\ & \text{firm and entrepreneur's characteristic}_i + \sum_{j=1}^J \delta_j * \text{environmental factor}_j + \\ & \sum_{k=1}^K \omega_k * \text{control variable}_k + \varepsilon \end{aligned} \quad [1]$$

$$\begin{aligned} \text{Revenue underreporting} = & \alpha + \beta_1 \text{firm size} + \beta_2 \text{firm sector} + \beta_3 \text{firm age} + \\ & \beta_4 \text{legal status} + \beta_5 \text{ownership} + \beta_6 \text{market} + \beta_7 \text{financing} + \\ & \beta_8 \text{other firm's characteristics} + \beta_9 \text{entrepreneur's experience} + \\ & \beta_{10} \text{entrepreneur's gender} + \delta_1 \text{corruption} + \delta_2 \text{regulation and bureaucracy} + \\ & \delta_3 \text{public and government services quality} + \delta_4 \text{tax} + \delta_5 \text{penalty} + \\ & \delta_6 \text{detection probability} + \delta_7 \text{economic development} + \delta_8 \text{access to financing} + \\ & \delta_9 \text{sector informality} + \delta_{10} \text{political instability} + \omega_1 \text{year} + \varepsilon \end{aligned} \quad [2]$$

3.1. Sources of information and variables of interest

To empirically test the proposed model, we use databases from the Enterprise Survey (ES) conducted by the World Bank, which have been employed in research studies on various topics. The surveys are carried out in 139 countries and the information collected is available free of charge for academic purposes. Surveys are conducted at the firm level on a representative sample of the private sector of an economy and cover a wide range of business environment issues, including access to financing, corruption, infrastructure, crime, competition, and enforcement measures. The data is used to create statistically significant business environment indicators that are comparable between countries (World Bank Group, 2018).

Specifically, for this work, we use the 2010-2017 pooled data from the Argentina ES (Table 1). The complete ES database for Argentina includes 2006, 2010 and 2017 years. However, in the present study, the observations of the year 2006 are not used since the question that defines the dependent variable is only available as of the 2010 ES.

We establish formal companies (registered with the Federal Public Revenue Administration, AFIP) as an analysis unit. The ES includes registered companies with a minimum of five employees. The Micro Enterprise Survey comprises smaller firms and the Informal Survey gathers information about unregistered enterprises.

To approximate the level of informality, we define the dependent variable REVENUE UNDERREPORTING (Y) in binary form as follows:

$Y = 1$ if the firm declares to compete against registered firms selling goods or services without records

$Y = 0$ if the firm declares not to compete against registered firms selling goods or services without records

The dependent variable corresponds to the question coded as ASCe13 in the ES. In the following sections, for the interpretation of the results, reference will be made to companies that underreport or do not underreport revenue. The reader should consider that this corresponds to the definition of the dependent variable detailed here.

Although the question chosen as a dependent variable does not directly measure the level of compliance by the company, it is designed to act as a reasonable substitute considering the obvious reluctance of respondents to reveal their own compliance (Abdixhiku et al., 2018). Such indirect compliance measures (and other illegal activities) are common in investigations: they seek to limit this misreporting by asking about the behaviour of others. The respondent's answer is assumed to be informed by its own experiences, and is thus supposed to be a reasonable proxy for its own behaviour. Although the indirect nature of the questions mitigates misreporting due to self-presentation reasons, the questions may still be subject to misreporting due to a firm's misperceptions of its own behaviour. If the firm does not realize that it is engaging in tax evasion, then it cannot report its experience with tax evasion. However, the lack of formal high-quality audit data often makes these types of survey data the only way to proceed in investigating tax evasion, especially at the firm level (Alm et al., 2016). Measures of informality through the firm's sector have been used previously in numerous studies (Abdixhiku et al., 2017, 2018; Alm et al., 2019; Beck et al., 2014; Dabla-Norris et al., 2008; Gokalp et al., 2017; Straub, 2005).

Table 1. Sample description.

Sample description	2010	2017	Total
<u>Surveyed firms by year</u>			
Only 2010	743	0	743
Only 2017	0	680	680
2010 and 2017	311	311	622
No. of firms in database	1,054	991	2,045
No. of firms that answered the revenue underreporting question	974	833	1,807
Proportion of firms that underreport revenue $y=1$	59.64%	62.91%	61.73%

Source: Own elaboration.

In relation to the explanatory variables, we identify questions that correspond to each defined determinant factor. We detail the operational definitions of the variables in Table A.1 in the appendix. It is important to highlight that both dependent and explanatory variables used here capture company manager perception as a proxy of the phenomenon under study, but do not represent objective measurements of informality or its determinants.

3.2. Processing and analysis methods

The data analysis methodology consists of different stages. First, we present the descriptive statistics of the variables per year and for the pooled data, and we perform the Wald and Pearson Chi2 tests (continuous and categorical variables, respectively) to identify if the variations between 2010 and 2017 are statistically relevant.

Second, we develop a multivariate analysis, using a logit regression model (Long & Freese, 2001) where the binary dependent variable is considered as a proxy for the company's informality level and the independent variables represent determinants of sales underreporting and control variables. As these are non-linear models, for the interpretation of the results, we calculate the marginal effects with all the continuous explanatory variables in their average value and the categorical ones in null value. Thus, the sign and the magnitude of the marginal effects exposed show how (+/- sign) and how much each determinant factor affects the probability of a company to underreport sales.

In line with several antecedents (Abdixhiku et al., 2017; Batra et al., 2003; Dabla-Norris et al., 2008 and others), it is assumed that the determinants-tax evasion relationship occurs in a single sense, that is, the factors influence the level of underreporting of sales, but not vice versa. Even this assumption is reinforced by the use of lagged explanatory variables that analyze the sequential and non-simultaneous effect, for example: how the application for credit in a previous period affects the current underreporting level. Likewise, previous research has examined the potential endogeneity of certain factors. In this sense, Alm et al. (2016) study the relationship between corruption and tax evasion: more corrupt societies can allow greater tax evasion (corrupt officials seek more income through bribes) or, conversely, higher levels of tax evasion can create additional opportunities for the corruption (more opportunities for bribery). Their empirical results indicate that corruption is a determinant factor of informality and not the other way around.

In addition to identifying the determinants of income underreporting in Argentina, we study their 2010-2017 evolution. We incorporate this temporary change in two ways in the logit regression models proposed. In the first group of estimates, a binary variable is included for the observations of the year 2017, while the second set of estimated models contains, in addition to the determinants in levels, interactions between certain explanatory variables (in general, environmental factors) and the year 2017.

The estimation and interpretation of the marginal effects of interactive terms in nonlinear models is a complex issue since the logic from linear models is not applicable. In binary response estimates, the marginal effect of a change in both interacting variables is not equal to the marginal effect of changing only the interaction term, and the statistical significance cannot be determined from the z statistic reported in the regression (Norton et al., 2004). For this reason, we follow Buis (2010) recommendations to calculate the marginal effects of temporary interactive terms. First, we estimate the logit models to obtain the odds ratios and then we calculate the marginal effects as the difference between the expected probabilities 2017 and 2010 for each category (0; 1) of the interacting explanatory variables. The marginal effect is computed as a difference (and not as the derivative of the expected probabilities) because the 'year 2017' is a categorical variable and this discrete variation corresponds more adequately to what is actually observed (Buis, 2010).

When estimating non-linear models such as logit, there are two options to interpret the regression coefficients: to calculate some form of marginal effect or exponentiate the coefficients, obtaining in the latter case a probability ratio or an incidence rate (odds ratio). The marginal effect is an approximation of how much the dependent variable is expected to increase or decrease for a unit change in an explanatory variable; that is, the effect is presented in an additive scale. Instead, the exponentiated coefficients give the reason why the dependent variable varies for a unit of change in an explanatory variable; that is, the effect is presented in multiplicative scale (Buis, 2010). The odds ratio varies between 0 and ∞ : if the probability ratio is between 0 and 1,

the marginal effect of the independent variable on the probability of the dependent one is negative, while, if the ratio is greater than 1, it means that the marginal effect of the explanatory variable on the probability of the dependent variable is positive. Odds ratios have a bad reputation for being difficult to understand. However, both marginal and multiplicative effects are accurate representations of the phenomenon under analysis. The choice of one or the other depends on the effect that is wished to report (Buis, 2010).

Following Buis (2010), logit models are estimated with specific Stata commands in order to obtain the odds ratios and the marginal effects.

Since it is a stratified sample, we use sample weights (wmedian) to obtain descriptive statistics as literature suggests (Solon et al., 2013; Winship & Radbill, 1994; World Bank Group, 2018). In that sense, the weighted estimation views the sample through a reverse illusory mirror that undoes the original exaggeration (Solon et al., 2013).

For the multivariate analysis, however, there is a debate regarding the use of a weighting scheme (Solon et al., 2013). In that order of ideas, if the models are estimated with a sample that represents in excess certain parameters (for example, size, regions, etc.), but such factors are included among the explanatory variables, then the model is correctly specified, the error term is not related to the sampling criterion and, therefore, weighting is unnecessary (Solon et al., 2013). Therefore, in the present work, we estimate multivariate models without weights, but incorporating stratification parameters as independent variables (size, sector, and region). Similar positions have been adopted by the studies of Lohr and Liu (1994), Pfeffermann (1993), and Williams & Horodnic (2016). In all cases, to assess the significance of the results, a confidence level of 90% is determined as acceptable.

4. Results

4.1. Descriptive statistics

Table 2 shows the descriptive statistics of the independent variables organized by group and determinant factor for each period (2010, 2017) and for the merged base in the *pooled* column. Unless otherwise indicated, the percentages commented in the text correspond to pooled data. The sample under study is mainly composed of small companies: 36.26% corresponds to micro companies, 60.02% to Small and Medium Enterprises (SMEs), and only 3.72% represent large firms (Figure 1). In addition, in 2017, there is a reduction of both the average annual sales level, the average number of employees and the labour cost. Regarding the sector, manufacturing (43.94%) and commercial (33.12%) firms predominate, being those dedicated to the provision of services and construction the ones with the lowest participation (17.68% and 5.26%, respectively). On the other hand, the average firm age in the sample is 29 years, a variable that shows a reduction in 2017.

Considering the legal status, 83.22% of the sample corresponds to limited partnership companies, modalities that register an increase in 2017. On the other hand, they are mostly firms with a considerable level of ownership concentration (62.21%), noticing a small reduction in 2017. Regarding the financial market, the data reveal a certain setback in 2017 with a decrease in the number of companies with current credit lines and the collateral required in the credits.

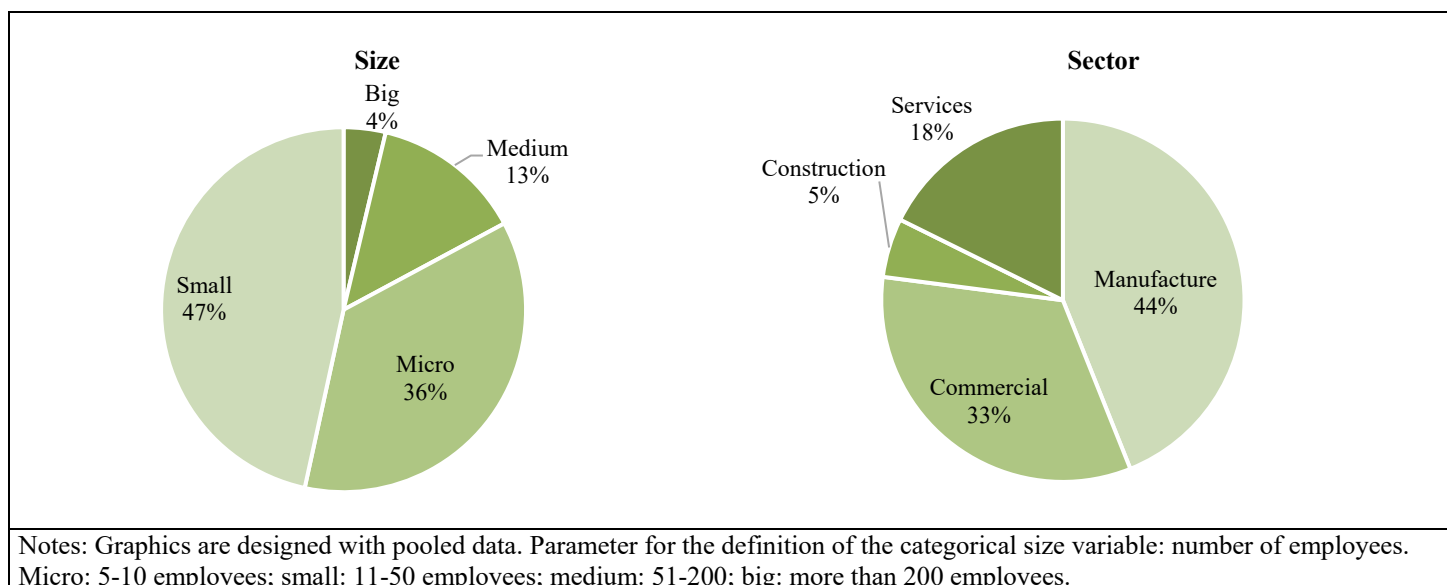
Within the other characteristics of the firm factor, 53.02% of the companies have their last annual financial statements certified by an external auditor, variable that records a fall in 2017, consistent with the smaller size of the companies identified for such period. There is also a reduction in 2017 in the number of companies that made investments in fixed assets in the last fiscal year. Once again, this issue is in line with the reduction in sales and the decrease in access

to bank financing, detailed above. Likewise, 17.06% of the firms have an international quality certification.

In relation to entrepreneur's characteristics, top managers have, in average, 26 years of experience in the sector, almost coinciding with the average firm age. Considering gender, in the pooled data, 50.64% of the company's ownership corresponds to women and this variable indicated an increase in 2017.

Analysing the determinants of the context, the corruption factor indicates that more than half of the companies consider corruption as a severe obstacle to operations. Specifically, 6.97% of the firms declared that, in inspections with tax officials, an informal gift or payment was expected or requested. These variables do not record temporary changes. Within the regulation and bureaucracy factor, labour regulations are highlighted: about half of the companies (49.22%) consider it as a severe obstacle to business operations, while 24.07% of the firms recognize obtaining commercial licenses and permits as a serious obstacle. The aforementioned percentages do not show relevant variations between 2010 and 2017.

Figure 1. Sample characterization: size and sector.



Source: Own elaboration.

On the other hand, there is a poor quality of the legal system and justice services. Only 9.93% of companies consider the judicial system is fair, impartial, and non-corrupt (proportion with a reduction in 2017), and 42.33% of the firms reveal that courts a severe obstacle to business operations (the latter variable does not record evolution). However, in 2017, certain variables reflect an improvement in the infrastructure and security and police services: there is a decrease in the proportion of firms that suffered losses due to crime, and in the percentage of companies that declared having suffered power outages.

The tax factor shows deterioration of all its variables in 2017 and yields interesting figures: 73.98% and 53.46% of the companies consider tax rates and tax administration, respectively, as a serious obstacle. The detection probability factor includes variables that attempt to approximate the possibility of being discovered from the experience of the companies (previous inspections) or their location (regions with more or less control by the tax agencies). There is a reduction in the proportion of audited companies in 2017. Regarding the location, most are firms from Buenos Aires. Companies from Chaco were surveyed only in 2010 and those from Tucumán, only in

2017. Longitudinally, there is an increase in the relative participation of firms in Buenos Aires and a reduction in the proportion of companies located in Mendoza.

From the financial market perspective, around one third of companies consider financing as a serious obstacle to business operations, variable with an improvement compared to 2010. For 2017, the variables indicate greater complexity in the procedures for applying to a credit and an improvement in the cost of financing. Considering political instability, 60.95% of the companies identify it as a serious obstacle.

Finally, analysing sector informality, 71.83% of the companies declare to compete with unregistered firms (without temporal evolution), and 68.70% indicate the presence of competitors that hire informal workers, in the latter case there is a small reduction in 2017. For 35.99% and 8.22% of the firms, informality represents a serious obstacle and main difficulty, respectively, both figures with improvements in 2017.

4.2. Multivariate analysis

4.2.1. Determinants of revenue underreporting in Argentina

Table 3 shows the results of the various estimated logit models to identify the determinants of revenue underreporting in formal Argentine companies. The estimated models alternately include representative variables of all the determinant factors, with the exception of: penalty (no variable was identified in the ES to approximate the factor), and economic development (only data from Argentina is used and adding GDP per capita would be a constant for all observations).

We present the explanatory variables with their expected sign organized according to the proposed model: company and entrepreneur's characteristics, environmental factors, and control variables. The expected sign is posed for the operational variable under analysis. This sign may differ from the relationship proposed in the hypotheses for the determining factors at the theoretical level. For example, a negative link is raised between the quality of public services and informality, but a positive relationship with the phenomenon is expected when this factor is approximated with the variable "losses due to crime". To select previously exposed models, we estimate different specifications by approximating each determinant factor with the different independent variables available, taking advantage of database richness.

In general, models 1 (M1) and 2 (M2) are the most comprehensive (higher number of explanatory variables) with variations regarding the approximation of the firm size (M1: sales, M2: number of employees); taxes (M1: tax rates obstacle, M2: tax administration obstacle); and detection probability (M1: Buenos Aires, M2: Mendoza). For their part, models 3 to 5 incorporate determinant factors not included in the first ones such as access to financing (M3); entrepreneur's gender, detection probability (previous inspections), sector informality (M4); other company's characteristics (M5). In the latter case (M5), we include variables representing the trajectory and the growth process of the firm (having international certification of quality and investment in fixed assets) and, for that reason, we exclude company size and firm age determinants.

Consistent with previous empirical studies (Beck et al., 2014; Dabla-Norris et al., 2008 and others), size factor is negatively associated with revenue underreporting, especially when it is measured by annual sales (with respect to the number of employees). The sector is also a significant determinant of the informality level: manufacturing companies have a lower propensity to underreport sales than commercial, service, or food and textile industries (Santa María & Rozo, 2009; Villar et al., 2015a). The sector variable used in multivariate models corresponds to the stratification parameter by ES industry. This variable differs slightly from the sector exhibited in the descriptive statistics and bivariate analysis, since it was created from the main activity declared by the companies. The purposes of the adequate specification of the model are included in the multivariate estimates, but their interpretation is not possible.

Table 3. Marginal effects of revenue underreporting determinants.

Determinant factors	Operational variables	ER	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	
			Pr(y=1)	Pr(y=1)	Pr(y=1)	Pr(y=1)	Pr(y=1)	
			0.5240	0.7572	0.7095	0.6027	0.5655	
Firm and entrepreneur's characteristics	Size	Ln Annual sales ^a	(-)	-0.019 (0.104)				
		Ln Number of employees ^a	(-)		-0.019 (0.117)	-0.019 (0.112)	-0.021 (0.182)	
	Sector	Sector (categorical stratification)			-0.107*** (0.000)	-0.126*** (0.000)	-0.137*** (0.000)	
		Other manufacturing sectors	(-)	-0.266*** (0.000)				-0.288*** (0.000)
	Age	Firm age (years) ^a	(-)	-0.000 (0.615)	-0.001 (0.279)	-0.001* (0.070)	-0.001 (0.220)	
	Legal status	Limited partnership	(-)	0.051 (0.424)	0.060 (0.153)	0.044 (0.340)	0.088 (0.155)	0.040 (0.483)
	Ownership structure	Private domestic ownership (%) ^a	(+)	0.000 (0.529)	0.000 (0.301)	0.000 (0.342)	0.001 (0.345)	0.001 (0.314)
	Market	Domestic market	(+)	0.228*** (0.004)	0.125** (0.033)	0.154** (0.017)	0.188** (0.010)	0.192** (0.011)
	Financing	Current line of credit	(-)	-0.084** (0.036)				
	Other firm's characteristics	Certified financial statements	(-)	-0.075* (0.096)	-0.067* (0.067)			
		Fixed assets investment	(-)					-0.064* (0.098)
		International quality certification	(-)					-0.073* (0.064)
	Entrepreneur's experience	Top manager experience (years) ^a	(-)	-0.003* (0.057)	-0.002* (0.054)			
	Entrepreneur's gender	Female owners	(+)				-0.067* (0.098)	

	Determinant factors	Operational variables	ER	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
				Pr(y=1) 0.5240	Pr(y=1) 0.7572	Pr(y=1) 0.7095	Pr(y=1) 0.6027	Pr(y=1) 0.5655
Environmental factors	Corruption	Corruption obstacle	(+)	0.118*** (0.002)	0.072** (0.014)	0.092*** (0.003)	0.074** (0.046)	0.125*** (0.001)
	Regulation and bureaucracy	Customs/trade regulations obstacle	(+)	0.163*** (0.001)	0.070** (0.041)	0.096** (0.013)	0.111** (0.022)	0.120** (0.013)
		Labour regulations obstacle	(+)		0.051* (0.063)			
	Public services quality [...]	Losses due to crime	(+)	0.088** (0.036)				0.056 (0.161)
		Impartial judicial system	(-)		-0.100** (0.024)			
	Taxes	Tax rate obstacle	(+)	0.054 (0.206)				
		Tax administration obstacle	(+)		0.025 (0.378)	0.049 (0.112)	-0.001 (0.976)	0.056 (0.138)
	Detection probability	Buenos Aires	(+)	0.088** (0.022)				0.048 (0.194)
		Mendoza	(-)		-0.219*** (0.000)	-0.207*** (0.000)	-0.251*** (0.000)	
		Fiscal inspection	(-)				0.027 (0.490)	
	Access to financing	Access to finance obstacle	(+)					0.036 (0.359)
		Did not apply to credit - high cost	(+)			0.064 (0.123)		
	Sector informality	Informal sector competitor practices obstacle	(+)				0.303*** (0.000)	
	Political instability	Political instability biggest obstacle	(+)	-0.107* (0.052)	-0.095* (0.064)	-0.095* (0.076)	-0.123** (0.026)	-0.111** (0.045)
Year	2017		-0.064 (0.145)	-0.043 (0.202)	-0.024 (0.477)	0.004 (0.921)	-0.048 (0.237)	
	Pseudo R2		0.1290	0.1187	0.1075	0.1936	0.1188	
	Number of observations		1036	1103	1123	1095	1096	
	Chi2		131.84	125.70	114.11	169.82	135.45	
	Prob>Chi2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Notes: All binary variables, except indicated with ^a are continuous. Pooled estimates with robust standard errors, dy/dx calculated with \bar{x} (continuous) and $x=0$ (categorical). P-value in brackets: * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01. Abr.: ER: expected relationship, M: model.

Source: Own elaboration.

Firm age has a negative link with the informal sector only in model 3 (in accordance with Santa María & Rozo, 2009; Villar et al., 2015a), while the legal status and ownership structure are not determinants of the phenomenon in none of the estimated models (coincident with Batra et al., 2003; Pesce et al., 2014). On the other hand, as models 1 to 5 show, the market factor is relevant to explain the level of informality: companies that mainly meet domestic demands (their main activity is not exports) have a greater propensity to underreport revenue (in line with Batra et al., 2003; Beck et al., 2014 and others). Likewise, financing is also a significant determinant: those firms with current credit lines have a lower probability of underreporting (according to Siqueira et al., 2016; Williams et al., 2016; and others).

On the other hand, there are other characteristics of the companies that are relevant to explain informality: firms whose last annual financial statements are certified by an external auditor (Beck et al., 2014), or that bought fixed assets the previous year, or that have an internationally recognized quality certification (Williams & Kedir, 2018) have a lower propensity to underreport sales. Considering entrepreneur's particularities, models 1 and 2 show that the manager's experience is negatively associated with revenue underreporting (De Paula & Scheinkman, 2011 and others), while model 3 indicates that the existence of female owners is linked to a lower propensity to underreport sales. This last finding is consistent with the research related to tax compliance (Torgler & Valev, 2010 and others), but contrasts with the studies according to which women are more likely to operate in the informal sector (De Paula & Scheinkman, 2011; Villar et al., 2015a). However, the results must be interpreted with caution because the significant variable 'female owners' is binary and takes unit value if at least one of the owners of the entity is female: it does not represent the percentage of majority ownership.

Within the environment factors group, companies that perceive corruption, commercial licenses, and labour regulations as an obstacle to business operations show a greater probability of revenue underreporting (models 1 to 5). On the other hand, we verify the negative relationship between government services quality and informal sector through two variables. Firms that experienced losses due to crime the previous year (indicating lower levels of public security) are more likely to underreport revenue, while companies that consider the judicial system to be equitable, impartial and non-corrupt show a lower probability of underreporting sales. The links between these variables and informality (at 95% and 99% confidence levels) are consistent with previous empirical studies (Dabla-Norris et al., 2008; Friedman et al., 2000; Johnson et al., 1997; 1998; 2000 and others).

Surprisingly and in contrast to most previous research, the tax factor does not present a significant link with informality, except in model 4 that exhibits a positive relationship between companies that consider the administration of taxes as a difficulty and an underreporting to an 88% confidence level. Despite the observed importance of the tax factor in descriptive statistics and bivariate analysis, its lack of relevance in the multivariate model could be because firms with a greater propensity to underreport revenue face other difficulties such as more severe barriers to the development of their business. That is, taxes are a general obstacle for all companies, but they do not represent a differential factor for those that underreport sales (Pedroni et al., 2018; Williams et al., 2016).

In line with the empirical background (Cebula, 1997; Putniņš & Sauka, 2015), the variables of the probability of the detection factor are significant with the expected sign: companies located in Buenos Aires exhibit a greater propensity to underreport revenue, while firms located in Mendoza show a lower probability of underreporting revenue (in both cases with respect to the remaining regions of the country). This is possibly due to the difficulty of implementing effective controls in atomized cities. The probability of detection measured according to the experience of the companies (tax inspections during the previous year) is not relevant to explain the level of informality.

Unlike some previous works (Beck et al., 2014; Dabla-Norris et al., 2008), general restrictions on access to financing do not present statistical significance as determinants of the informal sector. Only in model 3, the companies that declare not to request credits due to the high costs show a greater propensity to underreport sales, at a confidence level of 87%. On the other hand, the sector informality factor, approximated by the proportion of firms that consider the practices of informal competitors as an obstacle, exposes a significant and positive link with the probability of underreporting sales (Pesce et al., 2014).

Furthermore, political instability proves to be an important determinant of the level of informality in all models, although with the opposite sign to that expected and found by previous studies (Batra et al., 2003; Straub, 2005). Firms that consider political instability as the greatest difficulty for the business have a lower propensity to underreport sales. This finding, although initially contradictory, may indicate a preventive attitude of the companies due to the uncertainty of the context and/or the correlation between political and economic imbalance in the case of Argentina. Explicitly, firms interpret political instability as a negative signal and, therefore, report a level of income closer to the real one (lower underreporting), reducing the risk to be discovered.

Ultimately, to capture the evolution of the phenomenon, all models incorporate the temporary effect, although the estimates do not reveal significant variations in the probability of underreporting sales between 2010 and 2017. Only model 1 seems to indicate that in 2017 companies exhibit a lower propensity to underreport revenue compared to 2010 (with a confidence level of 85%). This could perhaps be capturing the effects of the implementation of greater controls at the technological level by the tax agencies in Argentina (for example, based on electronic invoicing in some categories of the simplified regime).

4.2.2. Temporal evolution of revenue underreporting determinants

In order to evaluate the temporal evolution of revenue underreporting determinants, we estimate models similar to those exhibited in the previous section, but also which included the 2017 year, variable in interaction with the environmental factors and with some company's characteristics. Specifically, we select to interact those firms' particularities that may present variations between 2010 and 2017, such as the variables current credit, market, investment in fixed assets, international quality certification.

In general, the results of the estimated models with temporary effects (Table A.2 in Appendix) are consistent with the initial findings (Table 3). The significance and the sign of a large part of revenue underreporting determinants are stable, as with size, sector, market, entrepreneur's experience, corruption, regulation and bureaucracy, taxes, detection probability, access to financing, and sector informality. Variables that lose statistical significance in the estimates with temporary interactions (compared with the initial ones) are current credit, investment in fixed assets, international quality certification, female owners, labour regulations obstacle, losses due to crime, and political instability biggest obstacle.

As explained in section 3.2, the interpretation and significance of interactive terms can not be evaluated directly from the results of the regression. Therefore, in Table 4, we calculate the marginal effects as the difference between the expected probabilities 2017 and 2010 for each category (0; 1) of the interacting explanatory variables, also analysing their statistical relevance. In that sense, the shaded cells in Table 4 show the variables that present a temporary evolution: current line of credit, customs/trade regulations obstacle, Buenos Aires, Mendoza and informal sector competitor practices obstacle.

Specifically, in 2017 (compared to 2010), the propensity to underreport sales is increased for companies without current line of credit and is reduced for companies with external financing. The first result reinforces the link already found: companies that do not need to verify income before financial institutions have greater discretion to select the level of sales to be reported,

which generally results in low levels of reported revenue, that is, greater underreporting. On the other hand, the second finding could be showing the perception of the firms regarding the greater cross-information in 2017. That is, companies that had credits in 2017 underreport fewer sales because they considered that there was greater verification of cross data than in the year 2010.

Table 4. Temporal evolution of revenue underreporting determinants: marginal effects.

Operational variables	M 1			M 2			
	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	
Domestic market	0	0.690 (0.151)	1.142 (0.000)	-0.452 (0.460)	0.700 (0.177)	1.285 (0.001)	-0.585 (0.365)
	1	4.919 (0.003)	4.218 (0.000)	0.701 (0.506)	4.400 (0.000)	3.877 (0.000)	0.523 (0.515)
Current line of credit	0	7.309 (0.000)	4.354 (0.000)	2.955* (0.091)			
	1	2.371 (0.000)	3.715 (0.000)	-1.344* (0.072)			
Corruption obstacle	0	3.166 (0.000)	2.575 (0.000)	0.591 (0.420)	2.811 (0.000)	2.174 (0.000)	0.637 (0.251)
	1	6.390 (0.000)	5.311 (0.000)	1.079 (0.515)	5.680 (0.000)	5.066 (0.000)	0.614 (0.642)
Customs/trade regulations obstacle	0	4.490 (0.000)	2.596 (0.000)	1.894** (0.023)	4.093 (0.000)	2.758 (0.000)	1.335* (0.053)
	1	6.241 (0.003)	9.499 (0.000)	-3.258 (0.330)	5.277 (0.001)	7.239 (0.000)	-1.962 (0.415)
Labour regulations obstacle	0				2.993 (0.000)	2.437 (0.000)	0.556 (0.419)
	1				5.123 (0.000)	4.691 (0.000)	0.432 (0.701)
Losses due to crime	0	4.371 (0.000)	3.306 (0.000)	1.065 (0.250)			
	1	7.009 (0.003)	5.307 (0.000)	1.702 (0.509)			
Impartial judicial system	0				4.564 (0.000)	3.962 (0.000)	0.602 (0.481)
	1				1.697 (0.002)	2.215 (0.000)	-0.518 (0.476)
Tax rate obstacle	0	3.350 (0.002)	2.760 (0.000)	0.590 (0.607)			
	1	5.066 (0.000)	4.962 (0.000)	0.104 (0.934)			
Tax administration obstacle	0				3.817 (0.000)	2.580 (0.000)	1.237 (0.150)
	1				4.655 (0.000)	5.231 (0.000)	-0.576 (0.641)
Buenos Aires	0	5.019 (0.000)	2.519 (0.000)	2.500** (0.028)			
	1	4.572 (0.000)	4.706 (0.000)	-0.134 (0.915)			
Mendoza	0				4.406 (0.000)	3.928 (0.000)	0.478 (0.566)

Operational variables	M 1			M 2			
	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	
	1			3.682 (0.003)	0.936 (0.000)	2.747** (0.031)	
Political instability biggest obstacle	0	5.021 (0.000)	4.185 (0.000)	0.836 (0.438)	4.488 (0.000)	3.830 (0.000)	0.658 (0.422)
	1	2.285 (0.024)	2.596 (0.000)	-0.311 (0.798)	2.208 (0.037)	2.503 (0.000)	-0.295 (0.804)

Operational variables	M 3			M4			M5			
	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t ₁ -t ₀	
Domestic market	0	0.688 (0.183)	1.216 (0.001)	-0.528 (0.402)	1.186 (0.241)	2.169 (0.003)	-0.983 (0.429)	0.773 (0.156)	1.478 (0.002)	-0.705 (0.332)
	1	3.890 (0.000)	3.639 (0.000)	0.251 (0.721)	6.400 (0.000)	7.857 (0.000)	-1.457 (0.509)	4.193 (0.000)	4.078 (0.000)	0.115 (0.892)
Fixed asset investment	0						4.942 (0.000)	4.926 (0.000)	0.016 (0.990)	
	1						3.148 (0.000)	3.359 (0.000)	-0.211 (0.787)	
International quality certification	0						4.855 (0.000)	4.895 (0.000)	-0.040 (0.971)	
	1						1.913 (0.000)	2.271 (0.000)	-0.358 (0.496)	
Corruption obstacle	0	2.457 (0.000)	2.100 (0.000)	0.358 (0.440)	4.677 (0.000)	4.145 (0.000)	0.532 (0.737)	2.714 (0.000)	2.358 (0.000)	0.356 (0.520)
	1	5.124 (0.000)	4.731 (0.000)	0.393 (0.742)	7.742 (0.000)	10.432 (0.000)	-2.690 (0.381)	5.489 (0.000)	5.359 (0.000)	0.131 (0.926)
Customs/trade regulations obstacle	0	3.524 (0.000)	2.603 (0.000)	0.920 (0.111)	5.992 (0.000)	5.330 (0.000)	0.663 (0.706)	3.842 (0.000)	2.777 (0.000)	1.065 (0.110)
	1	5.093 (0.001)	6.846 (0.000)	-1.752 (0.443)	7.600 (0.004)	15.714 (0.003)	-8.115 (0.150)	5.347 (0.000)	8.393 (0.000)	-3.046 (0.275)
Losses due to crime	0						3.793 (0.000)	3.384 (0.000)	0.410 (0.590)	
	1						5.634 (0.001)	4.872 (0.000)	0.762 (0.700)	
Tax administration obstacle	0	3.001 (0.000)	2.487 (0.000)	0.514 (0.426)	4.871 (0.000)	5.251 (0.000)	-0.379 (0.818)	3.722 (0.000)	2.531 (0.000)	1.191 (0.145)
	1	4.392 (0.000)	4.835 (0.000)	-0.444 (0.693)	7.286 (0.000)	10.498 (0.000)	-3.212 (0.322)	4.399 (0.000)	5.859 (0.000)	-1.460 (0.291)
Buenos Aires	0						4.095 (0.000)	2.805 (0.000)	1.290 (0.138)	
	1						4.135 (0.000)	4.417 (0.000)	-0.282 (0.794)	
Mendoza	0	3.877 (0.000)	3.672 (0.000)	0.205 (0.777)	6.370 (0.000)	7.967 (0.000)	-1.597 (0.479)			
	1	3.395 (0.003)	1.026 (0.000)	2.370 (0.044)**	5.711 (0.007)	1.516 (0.002)	4.195 (0.055)*			
Fiscal inspection	0				5.048 (0.000)	7.806 (0.000)	-2.758 (0.247)			
	1				7.520 (0.000)	7.146 (0.000)	0.374 (0.881)			
Access to finance obstacle	0						4.008 (0.000)	3.088 (0.000)	0.920 (0.257)	
	1						4.353 (0.000)	5.155 (0.000)	-0.762 (0.589)	
Did not apply to credit – high	0	3.792 (0.000)	3.029 (0.000)	0.763 (0.252)						

Operational variables		M 3			M4			M5		
		t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t _{1-t0}	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t _{1-t0}	t ₁ : 2017	t ₀ : 2010	Δ t _{1-t0}
cost	1	4.000 (0.005)	5.696 (0.000)	-1.696 (0.416)						
IS competitor practices	0				2.177 (0.000)	1.425 (0.000)	0.752** (0.049)			
obstacle	1				11.851 (0.001)	16.231 (0.000)	-4.380 (0.383)			
Political instability	0	3.937 (0.000)	3.626 (0.000)	0.311 (0.663)	6.576 (0.000)	7.976 (0.000)	-1.400 (0.538)	4.299 (0.000)	4.109 (0.000)	0.190 (0.828)
biggest obstacle	1	2.304 (0.048)	2.198 (0.000)	0.105 (0.932)	2.786 (0.061)	3.518 (0.000)	-0.732 (0.675)	1.719 (0.020)	2.322 (0.000)	-0.603 (0.520)

Notes: marginal effects calculated with margins following Buis (2010). P-values in brackets: * p<0.10; ** p<0.05; *** p<0.01. Abr.: M: model; IS: informal sector.

Source: Own elaboration.

The detection probability approximated by geographical area also exhibits temporary changes. In 2017, companies located outside the metropolitan area of Buenos Aires had a greater propensity to underreport revenue, as is the case, for example, with Mendoza companies. This could be indicating that in 2017 Argentine companies not located in Buenos Aires perceived a lower probability of detection in relation to 2010.

We also verify a greater propensity to underreport sales in 2017 for those companies that do not perceive commercial licenses, tax administration (at a confidence level of 85%), and sector informality as an obstacle for business operations. This would indicate that the increase in the tendency to underreport sales does not result from a perceived worsening in environmental conditions, but probably due to intrinsic decisions of firms (for example, to maintain or increase profit).

In summary, most of the identified factors are significant determinants of informality with the expected sign (Table 5). In particular, we highlight those that show being robust to different estimates: size, sector and market within the company's characteristics; and corruption, regulation and bureaucracy, quality of public services, and detection probability within the environmental factor set. On the other hand, for several factors, there is no relevant link with the informal economy (or it is shown at confidence levels below 90%): legal status, ownership structure, access to financing and, the most striking, taxes. Finally, political instability is a relevant factor to explain the level of informality but with a sign opposite than expected.

Table 5. Summary of the obtained empirical evidence.

	Factor	Operational variable/s	Link with informality	
			Expected	Found
Firm and entrepreneur's characteristics	Size	Annual sales; number of employees	Negative	Negative
	Sector	Other manufacturing sectors	Negative	Negative
	Age	Firm age (years)	Negative	Negative
	Legal status	Limited partnership	Negative	Non-significant
	Ownership structure	Private domestic ownership (%)	Positive	Non-significant
	Market	Domestic market	Positive	Positive
	Financing	Current line of credit	Negative	Negative
	Other firm's characteristics	Certified financial statements; fixed asset investment; international quality certification	Negative	Negative
	Entrepreneur's experience	Top manager experience (years)	Negative	Negative

Environmental factors	Entrepreneur's gender	Female owners	Negative	Negative
	Corruption	Corruption obstacle	Positive	Positive
	Regulation and bureaucracy	Customs/trade regulations or labour obstacle	Positive	Positive
	Public and government services quality	Losses due to crime	Positive	Positive
		Impartial judicial system	Negative	Negative
	Taxes	Tax rate/administration obstacle	Positive	Non-significant
	Detection probability	Buenos Aires	Positive	Positive
		Mendoza	Negative	Negative
		Fiscal inspection	Negative	Non-significant
	Access to financing	Access to finance obstacle; did not apply to credit - high cost	Positive	Non-significant
	Sector informality	Informal sector competitor practices obstacle	Positive	Positive
Political instability	Political instability biggest obstacle	Positive	Negative	

Source: Own elaboration.

5. Concluding remarks

This paper aims to identify the determinants of revenue underreporting in Argentine formal firms and their evolution from a business perspective. Our results confirm most of the hypotheses. Sales underreporting in formal companies is positively associated with corruption, regulation and bureaucracy, and sector informality; and negatively linked with firm size, sector, company age, exporter condition, use of external financing, certified financial statements, international quality certifications, top manager's experience, female entrepreneurs, detection probability, the quality of institutions, public and government services, and political instability.

There is no evidence to affirm that the legal status, ownership structure, taxes, and access to financing are significant determinants of revenue underreporting in Argentine companies. The findings on these last two factors are interesting because tax burden and narrow access to the financial market are the determinants usually identified as causing informality in the theoretical-empirical background. The lack of relevance of the tax factor in multivariate models could be due to the fact that in Argentina taxes are an important obstacle for all companies, so they do not represent a differential factor for those that underreport sales (in line with Pedroni et al., 2018; Williams et al., 2016).

In addition, it is important to highlight the result found for the entrepreneur's gender determinant because the previous literature is divergent with respect to its link with the informal economy. Part of the studies on determinants of informality analyse how enterprises are initiated (registered or not) or examine ownership percentages by gender, finding that women have a greater propensity to operate in the informal sector (De Paula & Scheinkman, 2011; Villar et al., 2015). However, the findings of the present study show that when companies have at least one female owner, they have a lower probability of underreporting sales, presenting greater consistency with the background regarding differences in tax compliance by gender (Hasseldine & Hite, 2003; Kastlunger et al., 2010; Torgler & Valev, 2010).

Another interesting result comes from the political instability factor: the greater the imbalance perceived by companies, the lesser the propensity to underreport sales. In the Argentine context, this finding is probably due to the correlation between political and economic instability, and it would be indicating that firms interpret political instability as a negative signal and,

therefore, report a level of revenue closer to the real one (lower underreporting), reducing the risk to be discovered.

Regarding the evolution of the phenomenon, there are no relevant changes in the general propensity to underreport sales between 2010 and 2017, although there are relevant temporal variations in some determinant factors. Specifically in 2017 (compared to 2010), the propensity to underreport sales is increased for: companies without current line of credit; located outside the metropolitan area of Buenos Aires; that do not perceive the obtaining of commercial licenses, tax administration, or sector informality as an obstacle to business operations. These findings may be showing that in 2017 Argentine companies not located in Buenos Aires (the capital city) perceived a lower detection probability in relation to 2010. They are also indicative that the increase in the tendency to underreport sales does not result from a worsening perceived in environmental conditions, but probably due to intrinsic decisions of firms (for example, to maintain or increase profit).

At a pragmatic level, the findings of this paper are relevant for public policy makers because they allow identifying where efforts should be directed in order to reduce revenue underreporting. In that sense, considering the results referring to economic and institutional causes, the importance of the tax factor in descriptive statistics and its lack of relevance in the multivariate analysis shows that revenue underreporting is a multicausal phenomenon where taxes lose importance in the light of other determinants such as corruption, regulation and bureaucracy, quality of public and government services, detection probability, sector informality, and political instability. In this way, our results support the school of thought that places political and social institutions that govern the economy as the main factors responsible for informality, over those who blame high taxes (Friedman et al., 2000).

Based on the findings presented, the expected policy measures include the reduction of corruption levels, the development of administrative and fiscal simplification programs, which reduce the incidence of bureaucracy and the cost of compliance with regulations, the improvement in infrastructure, government services and the quality of public institutions, and the provision of a stable regulatory environment. Consideration could also be given to the development of training programs for entrepreneurs regarding regulations or procedures that are usually conflicting, and the implementation of mechanisms with an impact on detection probability (real or perceived), mainly in the large metropolitan regions.

On the other hand, the results referring to firm and the entrepreneur's characteristics allow describing certain profiles of companies with a greater propensity to underreport revenue. In this way, the relevant particularities allow individualizing the objective sample when developing or implementing detection and control measures: smaller companies (which also lack certified financial statements or international quality certifications), operating in certain manufacturing sectors, that sell mainly to the domestic market, that do not resort to the financial market to obtain funds, and whose entrepreneurs are male and have little experience.

The research also recognizes the existence of certain limitations. The main one comes from the study of a sensitive issue (illegal practice) based on perceptions, since respondents have incentives to adulterate their answers -especially by underestimating the percentage of non-reported sales- which can lead to bias. Additionally, the inability to directly measure certain determinants of informality makes it necessary to use proxies' explanatory variables to approximate them.

Underreporting of sales by formal companies represents a large portion of the GDP of developing countries, although empirical literature on the subject is scarce in these economies. In this sense, this research is relevant because it studies business informality with a microeconomic quantitative approach in an emerging context where its development is more frequent, and which, however, has been little examined: high tax pressure and high inflation.

At a conceptual level, the study presents several contributions that constitute an indication for the development of future studies aiming to identify the determinants of tax evasion in emerging economies. First, it shows that the determinants of informality usually identified by previous research -especially taxes- seem to have no universal relevance to explain underreporting, as in the Argentine economy. Second, our work reveals that political instability can have an inverse influence on expectations -it reduces the propensity to underreport sales- and that the existence of female owners discourages the practice, in line with the empirical background on tax compliance. Third, we propose a conceptual model integrating the determinants of the informal sector and we analyse their joint effect by incorporating them simultaneously into multivariate estimates. Finally, this article extends the small amount of research with pooled or panel data (Abdixhiku et al., 2018; Beck et al., 2014).

In addition to examining the factors whose impact on business informality seems ambiguous or contrary to expectations, we recognise different directions for further research on the subject. First, based on the formulated model, comparisons of the causes of the tax evasion between countries and/or regions with similar or different institutional settings can be made. On the other hand, quantitative approaches should be complemented and deepened with qualitative methodologies, such as conducting interviews with the different agents involved: entrepreneurs, tax officials or tax experts. Experimental economics provides the opportunity to extend the issues that influence tax morale, to determine in which cases awards or punishments deter underreporting, and to identify underlying cultural differences. Additionally, it is possible to expand the analysis of the informal economy by incorporating unregistered companies, labour market informality or other forms of tax evasion such as overdeclaration of costs.

Acknowledgments

This work is part of Florencia Pedroni's Doctoral thesis in Administration Sciences, whose training has been financed by an internal doctoral grant from the National Council for Scientific and Technical Research (CONICET).

References

- Abdixhiku, L., Krasniqi, B., Pugh, G., & Hashi, I. (2017). Firm-level determinants of tax evasion in transition economies. *Economic Systems*, 41(3), 354-366.
- Abdixhiku, L., Pugh, G., & Hashi, I. (2018). Business tax evasion in transition economies: a cross-country panel investigation. *The European Journal of Comparative Economics*, 15(1), 113-136.
- Acosta, P., & Montes-Rojas, G. (2014). Informal jobs and trade liberalisation in Argentina. *The Journal of Development Studies*, 50(8), 1104-1118.
- Allingham, M.G., & Sandmo, A. (1972). Income tax evasion: A theoretical analysis. *Journal of public economics*, 1(3-4), 323-338.
- Alm, J., & McClellan, C. (2012). Tax morale and tax compliance from the firm's perspective. *Kyklos*, 65(1), 1-17.
- Alm, J., Liu, Y. and Zhang, K. (2019). *International Tax and Public Finance*, 26(1), 71-102.
- Alm, J., Martinez-Vazquez, J., & McClellan, C. (2016). Corruption and Firm Tax Evasion. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 124, 146-163.

- Andreoni, J., Erard, B., & Feinstein, J. (1998). Tax compliance. *Journal of Economic Literature*, 36(2), 818-860.
- Argentina, Juzgado Federal de Córdoba (15 de agosto de 2019). Bodegas esmeralda S.A. c/ Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) s/acción meramente declarativa de inconstitucionalidad. Causa 26202/2019. <https://www.thomsonreuters.com.ar/es/solucionesfiscales-contables-gestion/blog-empresas/importante-fallo-vinculado-al-ajuste-por-inflacion-impositivo.html>
- Argentina, Poder Ejecutivo Nacional (2018). *Ley 27.430*. Boletín Oficial del 24 de enero 2018. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/176831/20171229>
- Batra, G., Kaufmann, D., & Stone, A. H. (2003). *Investment Climate around the World: Voices of the Firms from the World Business Environment Survey*. Washington: The World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/15143>
- Beck, T., Lin, C., & Ma, Y. (2014). Why Do Firms Evade Taxes? The Role of Information Sharing and Financial Sector Outreach: Why Do Firms Evade Taxes? *The Journal of Finance*, 69(2), 763-817.
- Blanco, D. (2019). *Cuccioli: El principal problema de evasión en Argentina son las facturas apócrifas*. <https://www.ambito.com/cuccioli-el-principal-problema-evasion-argentina-son-las-facturas-apocrifas-n5030420>
- Borja-Díaz-Rivillas, F., & Lindenberg-Baltazar, A.H. (2014). La moral fiscal y la búsqueda de una mayor reciprocidad entre el Estado y los ciudadanos en América Latina. En *Cultura Contributiva en América Latina*. México: Procuraduría de la Defensa del Contribuyente. <http://www.educacionfiscal.org/files/2016-08/cultura-contributiva-en-america-latina-livro-mexico.pdf>
- Buehn, A., & Schneider, F. (2012). Shadow economies around the world: novel insights, accepted knowledge, & new estimates. *International tax and public finance*, 19(1), 139-171.
- Buis, M.L. (2010). Stata tip 87: Interpretation of interactions in nonlinear models. *The stata journal*, 10(2), 305-308.
- Castro, L., & Scartascini, C. (2015). Tax compliance and enforcement in the pampas evidence from a field experiment. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 116, 65-82.
- Cebula, R. J. (1997). An empirical analysis of the impact of government tax and auditing policies on the size of the underground economy: the case of the United States, 1973-94. *American Journal of Economics and Sociology*, 56(2), 173-185.
- Chelala, S., & Giarrizzo, V. (2014). Evasión de impuestos en Argentina: un análisis experimental de la eficiencia de premios y castigos al contribuyente. *Revista Finanzas y Política Económica*, 6(1), 269-286.
- D'heroncourt, J., & Méon, P.G. (2012). The not so dark side of trust: Does trust increase the size of the shadow economy? *Journal of Economic Behavior and Organization*, 81(1), 97-121.
- Dabla-Norris, E., Gradstein, M., & Inchauste, G. (2008). What causes firms to hide output? The determinants of informality. *Journal of Development Economics*, 85(1-2), 1-27.
- De Paula, A., & Scheinkman, J. A. (2011). The informal sector: An equilibrium model and some empirical evidence from Brazil. *Review of Income and Wealth*, 57, S8-S26.

- De Soto, H., Ghersi, E., & Ghibellini, M. (1987). *El otro sendero*. Bogotá (Colombia): La Oveja Negra.
- Dell'anno, R. (2007). The shadow economy in Portugal: An analysis with the MIMIC approach. *Journal of Applied Economics*, 10(2), 253-277.
- Dell'anno, R., Gómez-Antonio, M., & Pardo, A. (2007). The shadow economy in three Mediterranean countries: France, Spain and Greece. A MIMIC approach. *Empirical Economics*, 33(1), 51-84.
- Feige, E. L. (1994). The underground economy and the currency enigma. *Public Finance (Finances publiques)*, 49(Supplement), 119-136.
- Feld, L.P., & Schneider, F. (2010). Survey on the shadow economy and undeclared earnings in OECD countries. *German Economic Review*, 11(2), 109-149.
- Frey, B.S., & Pommerehne, W.W. (1984). The Hidden Economy: State and Prospects for Measurement. *Review of Income and Wealth*, 30(1), 1-23.
- Friedman, E., Johnson, S., Kaufmann, D., & Zoido-Lobaton, P. (2000). Dodging the grabbing hand: determinants of unofficial activity in 69 countries. *Journal of Public Economics*, 76(3), 459-493.
- Giarrizzo, V. (2014). Evasión fiscal en la Argentina: caracterización del contribuyente según su predisposición a cumplir con sus impuestos. En *Cultura Contributiva en América Latina*. México: Procuraduría de la Defensa del Contribuyente. <http://www.educacionfiscal.org/files/2016-08/cultura-contributiva-en-america-latina-livro-mexico.pdf>
- Gokalp, O.N., Lee, S.H., & Peng, M.W. (2017). Competition and corporate tax evasion: An institution-based view. *Journal of World Business*, 52(2), 258-269.
- Gómez, J.C., & Morán, D. (2016). Evasión tributaria en América Latina: Nuevos y antiguos desafíos en la cuantificación del fenómeno en los países de la región. *Series de la CEPAL. Macroeconomía del Desarrollo*, 172.
- Hasseldine, J., & Hite, P. A. (2003). Framing, gender and tax compliance. *Journal of Economic Psychology*, 24(4), 517-533.
- Hibbs, D.A., & Piculescu, V. (2010). Tax toleration and tax compliance: How government affects the propensity of firms to enter the unofficial economy. *American Journal of Political Science*, 54(1), 18-33.
- Ihrig, J., & Moe, K.S. (2004). Lurking in the shadows: the informal sector and government policy. *Journal of Development Economics*, 73(2), 541-557.
- Instituto Argentino de Análisis Fiscal (IARAF) (2019). *Vademécum tributario argentino 2019: 163 tributos legislados por Nación, Provincias y Municipios*. <https://www.iaraf.org/index.php/informes-economicos/area-fiscal/277-informe-economico-48>
- Johnson, S., Kaufmann, D., & Shleifer, A. (1997). The Unofficial Economy in Transition. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1997(2), 159-239.

- Johnson, S., Kaufmann, D., & Zoido-Lobaton, P. (1998). Regulatory discretion and the unofficial economy. *The American Economic Review*, 88(2), 387-392.
- Johnson, S., Kaufmann, D., Mcmillan, J., & Woodruff, C. (2000). Why do firms hide? Bribes and unofficial activity after communism. *Journal of Public Economics*, 76, 495-520.
- Kastlunger, B., Dressler, S. G., Kirchler, E., Mittone, L., & Voracek, M. (2010). Sex differences in tax compliance: Differentiating between demographic sex, gender-role orientation, & prenatal masculinization (2D: 4D). *Journal of Economic Psychology*, 31(4), 542-552.
- La Porta, R., & Shleifer, A. (2008). The Unofficial Economy and Economic Development. *Brookings Papers on Economic Activity, otoño*, 275-352.
- Lackó, M. (2000). Hidden economy—an unknown quantity? Comparative analysis of hidden economies in transition countries, 1989–95. *Economics of Transition*, 8(1), 117-149.
- Loayza, N. V. (1996). The economics of the informal sector: a simple model and some empirical evidence from Latin America. *Carnegie-Rochester conference series on public policy*, 45, 129-162.
- Lohr, S. L., & Liu, J. (1994). A comparison of weighted and unweighted analyses in the National Crime Victimization Survey. *Journal of Quantitative Criminology*, 10(4), 343-360.
- Long, S., & Freese, J. (2001). *Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata*. Texas: College Station, Stata Press.
- Medina, L., & Schneider, F. (2017). *Shadow economies around the world: New results for 158 countries over 1991-2015*. CESifo Working Paper Series No. 6430. <https://ssrn.com/abstract=2965972>
- North, D.C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Norton, E.C., Wang, H., & Ai, C. (2004). Computing interaction effects and standard errors in logit and probit models. *The Stata Journal*, 4(2), 154-167.
- Nur-Tegin, K.D. (2008). Determinants of Business Tax Compliance. *The B.E. Journal of Economic Analysis and Policy*, 8(1), 1-28.
- OECD, CAF & ECLAC (2018). *Perspectivas económicas de América Latina 2018: Repensando las instituciones para el desarrollo*. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/leo-2018-es>
- Pecho-Trigueros, M., Longinotti, F. P., & Vecorena, J. S. (2012). *Estimación del Incumplimiento Tributario en América Latina*. Centro Interamericano de Administraciones Tributarias. http://www.estimacionestributarias.com/archivos/Incumplimiento%20AL%20pecho_pelaez_sanchez.pdf
- Pedroni, F., Briozzo, A., & Pesce, G. (2018). Determinantes de la subdeclaración de ingresos en empresas latinoamericanas. Trabajo presentado en *XXIII Reunión Anual de Red PyMEs Mercosur*. Buenos Aires, Mar del Plata.
- Pedroni, F., Pesce, G., & Briozzo, A. (2019). Estimación y determinantes de la subdeclaración de ingresos en Argentina: percepción de los profesionales en ciencias económicas. Trabajo presentado en la *XIX International Finance Conference (IFC-2019)*. Córdoba, Córdoba.

- Perry, G.E., Maloney, W.F., Arias, O.S., Fajnzylber, P., Mason, A.D., Saavedra-Chanduvi, J., & Bosch, M. (2007). *Informalidad: escape y exclusión. Estudios Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe*. Washington, DC: Banco Mundial. http://siteresources.worldbank.org/INTLACINSPANISH/Resources/SP_lacf_Overview.pdf
- Pesce, G., Speroni, C., Etman, G., Rivera, C., Briozzo, A., & Vigier, H. (2014). Informalidad, presión tributaria y cumplimiento fiscal en las PyMEs. En *Grandes desafíos para pequeñas empresas: informalidad, financiamiento e información. El caso de las PyMEs de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: EDIUNS. Serie Extensión.
- Pfeffermann, D. (1993). The role of sampling weights when modeling survey data. *International Statistical Review*, 317-337.
- Putniņš, T.J., & Sauka, A. (2015). Measuring the shadow economy using company managers. *Journal of Comparative Economics*, 43(2), 471-490.
- PWC and World Bank Group (2019). *Paying Taxes 2019*. <https://www.pwc.es/es/publicaciones/legal-fiscal/assets/pwc-paying-taxes-2019.pdf>
- Santa María, S., & Rozo, S. (2009). Análisis cualitativo y cuantitativo de la informalidad empresarial en Colombia. *Desarrollo y Sociedad*, 63, 269-296.
- Sarghini, J., Lódola, A., & Moccero, D. (2001). El dilema de la economía informal: evidencias y políticas. *Cuadernos de Economía*, (59). <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00811.pdf>
- Schneider, F. (1997). The shadow economies of Western Europe. *Economic Affairs*, 17(3), 42-48.
- Schneider, F. (2016). Estimating the size of the shadow economies of highly-developed countries: Selected new results. *CESifo DICE Report*, 14(4), 44-53.
- Schneider, F., & Boockmann, B. (2017). *Die Größe der Schattenwirtschaft. Methodik und Berechnungen für das Jahr 2017*. Johannes Kepler Universität. Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung (IAW). <http://www.iaw.edu/index.php/aktuelles-detail/734>.
- Schneider, F., & Enste, D. H. (2000). Shadow economies: size, causes, & consequences. *Journal of economic literature*, 38(1), 77-114.
- Schneider, F., & Enste, D. H. (2013). *The shadow economy: An international survey*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Siqueira, A.C.O., Webb, J.W., & Bruton, G.D. (2016). Informal Entrepreneurship and Industry Conditions. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 40(1), 177-200.
- Slemrod, J., & Weber, C. (2012). Evidence of the invisible: toward a credibility revolution in the empirical analysis of tax evasion and the informal economy. *International Tax and Public Finance*, 19(1), 25-53.
- Solon, G., Haider, S.J., & Wooldridge, J. (2013). *What are we weighting for?* National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 8, Washington, DC.
- Straub, S. (2005). Informal sector: the credit market channel. *Journal of Development Economics*, 78(2), 299-321.

- Tanzi, V. (1983). The underground economy in the United States: annual estimates, 1930-80. *Staff Papers*, 30(2), 283-305.
- Tedds, L. M. (2010). Keeping it off the books: an empirical investigation of firms that engage in tax evasion. *Applied Economics*, 42(19), 2459-2473.
- Torgler, B. (2011). *Tax morale and compliance: review of evidence and case studies for Europe*. World Bank Policy Research Working Paper No. 5922. <http://documents.worldbank.org/curated/en/862221468282310839/pdf/WPS5922.pdf>
- Torgler, B., & Valev, N.T. (2010). Gender and public attitudes toward corruption and tax evasion. *Contemporary Economic Policy*, 28(4), 554-568.
- Villar, L., Briozzo, A., & Pesce, G. (2015a). Determinantes de la informalidad en las microempresas de la Argentina. En *Anales de la XX Reunión Anual de Red PyMEs Mercosur*. Buenos Aires, Bahía Blanca.
- Villar, L., Briozzo, A., & Pesce, G. (2015b). El efecto de la informalidad en las decisiones de financiamiento de las microempresas. En *Anales de las XXXV Jornadas Nacionales de Administración Financiera (SADAF)*. Córdoba, Vaquerías.
- Vuletin, G.J. (2008). *Measuring the informal economy in Latin America and the Caribbean*. International Monetary Fund. Working Paper No. 2008/102. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Measuring-the-Informal-Economy-in-Latin-America-and-the-Caribbean-21898>
- Webb, J.W., Tihanyi, L., Ireland, R.D., & Sirmon, D.G. (2009). You say illegal, I say legitimate: Entrepreneurship in the informal economy. *Academy of Management Review*, 34(3), 492-510.
- Williams, C.C., & Horodnic, I.A. (2016). Cross-country variations in the participation of small businesses in the informal economy: An institutional asymmetry explanation. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 23(1), 3-24.
- Williams, C.C., & Kedir, A. (2018). Evaluating competing theories of informal sector entrepreneurship: A study of the determinants of cross-country variations in enterprises starting-up unregistered. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 19(3), 155-165.
- Williams, C.C., Shahid, M.S., & Martínez, A. (2016). Determinants of the Level of Informality of Informal Micro-Enterprises: Some Evidence from the City of Lahore, Pakistan. *World Development*, 84, 312-325.
- Winship, C., & Radbill, L. (1994). Sampling weights and regression analysis. *Sociological Methods and Research*, 23(2), 230-257.
- World Bank Group (2019a). *Argentina overview*. <https://www.bancomundial.org/es/country/argentina/overview>. Accessed December 2019.
- World Bank Group (2018). *Enterprise Surveys*. www.enterprisesurveys.org. Accessed May 2018.
- World Bank Group (2019b). *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/>. Accessed December 2019.

Appendix

Table A.1. Operational definition of the independent variables

Variable	Definition	ES
Firm and entrepreneur's characteristics		
Size		
Annual sales (thousands of dollars, PP 2010)	Quantitative variable: firm total annual sales in the last fiscal year in thousands of dollars deflated to 2010.	d2
Ln. Annual sales	Quantitative variable: natural logarithm of firm total annual sales in the last fiscal year.	d2
Labour cost (thousands of dollars, PP 2010)	Quantitative variable: total annual labour cost including salaries, bonuses, social security contributions in thousands of dollars deflated to 2010.	n2a
Number of employees	Quantitative variable: number of permanent full-time workers in the firm at the end of the last fiscal year.	l1
Ln. number of employees	Quantitative variable: natural logarithm of number of permanent full-time workers in the firm at the end of the last fiscal year.	l1
Micro firm, small firm, medium firm, big firm	Categorical variable that reflects the size of the company according to the number of permanent full-time workers at the end of the last fiscal year. Micro firm: 5-10 employees; small: 11-50 employees; medium: 51-200 employees; big: more than 200 employees.	l1
Sector		
Manufacture, commercial, construction, services	Categorical variable that reflects the economic sector to which the company belongs based on its main activity in the last fiscal year.	d1a1a
Sector (categorical stratification)	Categorical variable representing the parameter used for stratification by industry: food; textile; other manufacturing sectors; commerce; services.	a4a
Other manufacturing sectors	Dummy variable that takes value one if the company frames as "other manufacturing" (other than textile and food) according to the stratification by industry parameter.	a4a
Age		
Firm age (years)	Quantitative variable: firm age since this firm began operations up to 2017.	b5
Legal status		
Limited partnership	Dummy variable that takes value one if the firm's current legal status is shareholding company with trade/non-traded shares or shares traded privately or a limited partnership, zero otherwise.	b1
Ownership structure		
Ownership concentration	Quantitative variable: percentage of firm property held by largest owner or owners.	b3
Private domestic ownership (%)	Quantitative variable: percentage of firm property held by private domestic individuals, companies or organizations.	b2a
Market		
Domestic market	Dummy variable that takes value one if the local or national markets were the main ones in which this firm sold its main product during the last fiscal year, zero otherwise.	e1
Financing		
Current line of credit	Dummy variable that takes value one if the firm has a line of credit or a loan from a financial institution at this time, zero otherwise.	k8
Collateral in credit line	Dummy variable that takes value one if financing of the most recent credit/loan line required collateral, zero otherwise.	k13
Other firm's characteristics		
Certified financial statements	Dummy variable that takes value one if the firm has an internationally recognized quality certification, zero otherwise.	k21

Variable	Definition	ES
International quality certification	Dummy variable that takes value one if the firm has its annual financial statements checked and certified by an external auditor, zero otherwise	b8
Fixed asset investment	Dummy variable that takes value one if the firm purchased any new or used fixed assets in the last fiscal year, zero otherwise.	k4
Entrepreneur's experience		
Top manager experience (years)	Quantitative variable: years of experience of the top manager in the sector (if less than 1 year = 1).	b7
Entrepreneur's gender		
Female owners	Dummy variable that takes value one if the firm has any female owner/s, zero otherwise.	b4
Female property	Quantitative variable: percentage of female property.	b4a
Female top manager	Dummy variable that takes value one if the top manager is female, zero otherwise.	b7a
Environmental factors		
Corruption		
Informal payment in tax inspection	Dummy variable that takes value one if a gift or informal payment was expected or requested in tax inspections/meeting during the last fiscal year, zero otherwise.	j5
Informal payments in contracts (% contract value)	Quantitative variable: percentage of the value of the contract that the company would normally disburse in informal payments or gifts to secure it when establishments like this do business with the government.	j6
Corruption obstacle	Dummy variable that takes value one if the company considers corruption as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	j30f
Regulation and bureaucracy		
Labour regulations obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers labour regulations as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	l30a
Labour regulations biggest obstacle	Dummy variable that takes value one if labour regulations represent the biggest obstacle faced by the company, zero otherwise.	m1a
Customs/trade regulations obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers customs and trade regulations as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	j30c
Public and government services quality		
Power outages	Dummy variable that takes value one if the firm experienced power outages during the last fiscal year, zero otherwise.	c6
Impartial judicial system	Dummy variable that takes value one if the firm tends to agree or strongly agree with the statement "the court system is fair, impartial and uncorrupted", zero otherwise.	h7a
Courts obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers courts as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	h30
Courts biggest obstacle	Dummy variable that takes value one if courts are the biggest obstacle faced by the company, zero otherwise.	M1a
Losses due to crime	Dummy variable that takes value one if the firm experienced losses as a result of theft, robbery, vandalism, arson on this firm's premises or Internet hacking or Internet fraudulent transactions in the last fiscal year, zero otherwise.	I3
Taxes		
Tax rate obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers tax rates as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	j30a
Tax administration obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers tax administration as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	j30b
Detection probability		
Buenos Aires, Rosario, Mendoza, Córdoba, Tucumán, Chaco.	Categorical variable that reflects where the company is located.	a3a

Variable	Definition	ES
Fiscal inspection	Dummy variable that takes value one if the firm was visited or inspected by tax officials or required to meet with them during the last fiscal year, zero otherwise.	j3
Access to financing		
Access to finance biggest obstacle	Dummy variable that takes value one if access to finance is the biggest obstacle faced by the firm, zero otherwise.	m1a
Access to finance obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers access to finance as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	k30
Did not apply to credit - complex procedures	Dummy variable that takes value one if complex application procedures were the main reason why this firm did not apply for any line of credit or loan, zero otherwise.	k17
Did not apply to credit – high cost	Dummy variable that takes value one if unfavourable interest rates were the main reason why this firm did not apply for any line of credit or loan, zero otherwise.	k17
Political instability		
Political instability biggest obstacle	Dummy variable that takes value one if political instability represents the biggest obstacle faced by the firm, zero otherwise.	m1a
Sector informality		
Unregistered or informal competitors	Dummy variable that takes value one if the firm competes against unregistered or informal firms, zero otherwise.	e11
Tax avoidance from IS competitors	Dummy variable that takes value one if the practice of unregistered or informal firms that affects the firm the most is tax avoidance, zero otherwise.	ASCe12
Informal workers hired by IS competitors	Dummy variable that takes value one if the firm competes against registered firms hiring workers without formal contracts, zero otherwise.	ASCe14
IS competitors practices obstacle	Dummy variable that takes value one if the firm considers practices of competitors in the informal sector as a major or very severe obstacle to business operations, zero otherwise.	e30
IS competitor practices biggest obstacle	Dummy variable that takes value one if practices of competitors in the informal sector represent the biggest obstacle faced by the firm, zero otherwise.	m1a
Control variables		
2017 year	Dummy variable that takes value one if the observation corresponds to the year 2017.	
Notes: ES indicates the code of the question/s from which the variable/s is/are defined. Abbreviations: PP: Purchasing Power; IS: Informal Sector		

Source: Own elaboration.

Table A.2. Revenue underreporting determinants: temporary interactive effects (odds ratio)

Determinant factors	Operational variables	ER	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	
Firm and entrepreneur's characteristics	Size		0.919*					
	Ln Annual sales ^a	(-)	(0.080)					
		Ln Number of employees ^a	(-)		0.910 (0.116)	0.912* (0.107)	0.920 (0.212)	
	Sector	Sector (categorical stratification)			0.555*** (0.000)	0.543*** (0.000)	0.565*** (0.000)	
		Other manufacturing sectors	(-)	0.311*** (0.000)				0.284*** (0.000)
	Age	Firm age (years) ^a	(-)	0.998 (0.582)	0.996 (0.238)	0.994** (0.043)	0.996 (0.195)	
	Legal status	Limited partnership	(-)	1.160 (0.567)	1.406 (0.154)	1.251 (0.342)	1.493 (0.137)	1.156 (0.542)
	Ownership structure	Private domestic ownership (%) ^a	(+)	1.002 (0.379)	1.003 (0.217)	1.002 (0.293)	1.002 (0.362)	1.003 (0.153)
	Market	Domestic market	(+)	2.934*** (0.002)	2.371*** (0.007)	2.565*** (0.003)	2.07*** (0.007)	2.461*** (0.009)
		Domestic market # 2017 year		1.018 (0.982)	1.369 (0.711)	1.333 (0.736)	1.808 (0.532)	1.237 (0.788)
	Financing	Current line of credit	(-)	1.042 (0.839)				
		Current line of credit # 2017 year		0.426*** (0.008)				
	Other firm's characteristics	Certified financial statements	(-)	0.757 (0.136)	0.689** (0.034)			
		Fixed assets investment	(-)					0.809 (0.316)
		Fixed assets investment # 2017 year						0.972 (0.929)
		International quality certification	(-)					0.851 (0.427)
		International quality certification # 2017 year						0.733 (0.320)
	Entrepreneur's experience	Top manager experience (years) ^a	(-)	0.989* (0.078)	0.987** (0.031)			
	Entrepreneur's gender	Female owners	(+)				0.763 (0.110)	
	Environmental factors	Corruption	Corruption obstacle	(+)	1.504** (0.050)	1.564** (0.031)	1.580** (0.019)	1.332 (0.192)	1.550** (0.032)
Corruption obstacle # 2017 year				1.125 (0.725)	1.000 (0.999)	1.122 (0.708)	1.118 (0.741)	1.230 (0.524)
Regulation and bureaucracy		Customs/trade regulations obstacle	(+)	2.866*** (0.000)	1.793** (0.038)	1.954** (0.016)	1.870** (0.036)	2.107*** (0.009)
		Customs/trade regulations obstacle # 2017 year		0.449* (0.077)	0.640 (0.288)	0.650 (0.307)	0.632 (0.300)	0.572 (0.200)
		Labour regulations obstacle	(+)		1.274 (0.222)			
		Labour regulations obstacle # 2017 year			1.111 (0.736)			

(Continued on next page)

Table A.2. Revenue underreporting determinants: temporary interactive effects (*odds ratio*) (Cont.)

Determinant factors	Operational variables	ER	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	
Environmental factors (Cont.)	Corruption	(+) (0.297)	1.241				1,146	
			(0.502)					
		Losses due to crime # 2017 year		1.407				1.246
				(0.390)				(0.554)
		Impartial judicial system	(-)		0.678*			
				(0.087)				
		Impartial judicial system # 2017 year			0.708			
					(0.406)			
	Taxes	Tax rate obstacle	(+) (0.216)	1.289				
				(0.216)				
Tax rate obstacle # 2017 year			0.921					
			(0.835)					
	Tax administration obstacle	(+) (0.041)		1.335	1.404*	1.077	1.556**	
				(0.180)	(0.094)	(0.746)	(0.041)	
	Tax administration obstacle # 2017 year			0.706	0.802	0.801	0.616	
				(0.291)	(0.486)	(0.512)	(0.142)	
Detection probability	Buenos Aires	(+) (0.002)	1.866***				1.490**	
			(0.002)				(0.044)	
	Buenos Aires # 2017 year		0.537*				0.605*	
			(0.052)				(0.099)	
	Mendoza	(-)		0.201***	0.256***	0.216***		
				(0.000)	(0.000)	(0.000)		
	Mendoza # 2017 year			4.046***	3.078**	3.392**		
				(0.003)	(0.015)	(0.012)		
	Fiscal inspection	(-)				0.880		
						(0.577)		
	Fiscal inspection # 2017 year					1.700*		
						(0.108)		
Access to financing	Access to finance obstacle	(+) (0.211)					1.292	
							(0.211)	
	Access to finance obstacle # 2017 year						0.737	
							(0.361)	
	Did not apply to credit – high cost	(+) (0.094)			1.623*			
					(0.094)			
	Did not apply to credit – high cost # 2017 year				0.644			
					(0.343)			
Sector informality	IS competitor practices obstacle	(+) (0.000)				7.638***		
						(0.000)		
	IS competitor practices obstacle # 2017 year					0.648		
						(0.269)		
Political instability	IS competitor practices obstacle	(+) (0.311)	0.756	0.673	0.655*	0.706	0.770	
			(0.285)	(0.111)	(0.084)	(0.158)	(0.311)	
	IS competitor practices obstacle # 2017 year		0.600	0.794	0.975	0.612	0.593	
			(0.318)	(0.665)	(0.963)	(0.369)	(0.309)	
Year	2017 year		1.957	0.625	0.687	0.474	1.348	
			(0.438)	(0.601)	(0.665)	(0.462)	(0.722)	
	Pseudo R2		0.1425	0.1290	0.1143	0.2032	0.1274	
	Number of obs.		1.036	1.103	1.123	1.095	1.096	
	Chi2		149.24	138.69	126.50	181.42	146.32	
	Prob>Chi2		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Notes: All binary variables, except indicated with ^a are continuous. Pooled estimates with robust standard errors; # indicates interaction. p-values in brackets: * p<0.10; ** p<0.05; *** p<0.01. Abr.: M: model; ER: expected relationship; IS: informal sector.

Source: Own elaboration.



El proceso de toma de decisiones basado en métodos cuantitativos: análisis de tendencias en el ámbito corporativo

ABAD-SEGURA, EMILIO

Universidad de Almería (España)

Correo electrónico: eas297@ual.es

GONZÁLEZ-ZAMAR, MARIANA DANIELA

Universidad de Almería (España)

Correo electrónico: mgz857@ual.es

LÓPEZ-MENESES, ELOY

Universidad Pablo de Olavide (España)

Correo electrónico: elopmen@upo.es

RESUMEN

La actividad económica se produce en un entorno cambiante y globalizado. Así, las decisiones empresariales que se toman en un contexto competitivo y con información asimétrica se basan, principalmente, en elementos cuantitativos que, a partir de modelos de decisión, permiten obtener información que facilitan la optimización de estas decisiones. Este estudio tiene como objetivo analizar la producción científica y las tendencias de investigación sobre la toma de decisiones basadas en métodos cuantitativos. Para esto, se aplicaron técnicas bibliométricas a una muestra de 1.143 artículos del período 1967-2019 obtenida de la base de datos Scopus. Se utilizó la herramienta de software VOSviewer para construir y visualizar redes bibliométricas. La finalidad fue reconocer las disciplinas y la evolución de estas áreas de interés, además de identificar las redes por coautoría de los principales autores, instituciones de investigación y países, y la red de palabras clave por coocurrencia, mediante la aplicación de técnicas de visualización. Se comprueba el interés de este campo de investigación en la comunidad investigadora, con índices óptimos de publicación y colaboración entre sus agentes impulsores.

Palabras clave: toma de decisiones; métodos cuantitativos; empresa; investigación.

Clasificación JEL: G30, F65, 016.

MSC2010: 91B44, 62P20, 58Zxx.

Analysis of research on decision making-based on quantitative methods

ABSTRACT

Economic activity occurs in a changing and globalized environment. Thus, business decisions that are made in a competitive context and with asymmetric information are based, mainly, on quantitative elements that, based on decision models, allow information to be obtained that facilitate the optimization of these decisions. This study aims to analyse scientific production and research trends on decision-making based on quantitative methods. For this, bibliometric techniques were applied to a sample of 1,143 articles from the 1967-2019 period obtained from the Scopus database. The VOSviewer software tool was used to build and visualize bibliometric networks. The purpose was to recognize the disciplines and the evolution of these areas of interest, in addition to identifying the networks by co-authorship of the main authors, research institutions and countries, and the network of keywords by co-occurrence, through the application of visualization techniques. The interest of this field of research in the research community is verified, with optimal rates of publication and collaboration among its driving agents.

Keywords: decision making; quantitative methods; business; research.

JEL classification: G30, F65, 016.

MSC2010: 91B44, 62P20, 58Zxx.



1. Introducción

En las últimas décadas, la actividad empresarial se produce en un entorno cambiante y globalizado. Por estos motivos, la gerencia de la empresa debe estar capacitada para identificar, evaluar y aprovechar las distintas oportunidades que permite el análisis cuantitativo de los datos para generar valor en la organización (Morgan, 2019; Konstantas et al., 2019). El gestor debe identificar los elementos clave de la metodología cuantitativa, esto es, en números o datos, que serán de utilidad para examinar los distintos criterios a partir de los que se tomarán las decisiones, basadas en el análisis de datos e información clave asociada (Regaliza et al., 2016; Sharma et al., 2020).

A nivel corporativo, se deben tomar decisiones en un entorno crecientemente competitivo, la mayoría de las ocasiones, sin margen de error. Esas decisiones, estratégicas y operativas, principalmente se basan en elementos cuantitativos que, a partir de modelos de decisión, permiten obtener información que facilita las decisiones (Cuevas-Vargas et al., 2020).

El propósito de este trabajo es describir la investigación sobre la toma de decisiones basadas en métodos cuantitativos. En la revisión de la literatura realizada, se han encontrado trabajos que vinculan la toma de decisiones que realizan las empresas en su actividad con los métodos cuantitativos, así que la pregunta de investigación consiste en determinar cómo ha evolucionado la producción científica y las tendencias en su investigación en esta temática.

La principal limitación encontrada en este estudio es la de comprender si la evolución de las tendencias de investigación se debe a cambios normativos, a exigencias de los grupos de interés, a demandas sociales, o a otros cambios no contemplados. De este modo, el objetivo principal de este estudio es analizar las tendencias de investigación sobre las tomas de decisiones corporativas basadas en métodos cuantitativos a nivel global.

Para obtener respuestas a las preguntas de investigación, se ha analizado una muestra de 1.143 artículos extraídos de la base de datos Scopus, desde 1967 a 2019. Este trabajo utiliza el método bibliométrico para sintetizar la base de conocimiento sobre la investigación de la toma de decisiones que se basan en métodos cuantitativos. Los resultados muestran las publicaciones en esta temática, permitiendo así identificar a los principales agentes impulsores (autores, instituciones de investigación y países) y las tendencias de investigación.

Este trabajo está organizado como sigue. La Sección 2 ofrece un marco de referencia sobre el tema de estudio, que sirve como guía conceptual para las siguientes secciones. La Sección 3 establece la metodología aplicada. La Sección 4 muestra los principales resultados y discusiones con la literatura. Finalmente, la Sección 5 presenta las conclusiones obtenidas.

2. Revisión de la literatura

Esta sección es el resultado del análisis y revisión de la literatura, mientras que su finalidad es actuar como guía y marco en la investigación global de la toma de decisiones basadas en métodos cuantitativos. Así, se enmarcan los principios teóricos y una serie de términos interrelacionados que permite conceptualizar el estudio en el campo del conocimiento.

Este campo de investigación se enmarca en los principios de la teoría de la agencia, como medida de representación empresarial con validez legal donde se separa la propiedad de la empresa de su control o gestión (Attaguile, 2019). De este modo, queda afectada la dirección, gestión y administración de la empresa. Asimismo, es clave establecer que cada una de las partes busca su propio interés o la maximización de su utilidad, y que el poder de decisión dar lugar a importantes diferencias de criterio empresarial y a la aparición de intereses no comunes (Acosta-Prado et al., 2019). Esta teoría clave en

Economía deriva del resultado de la división entre la propiedad de una empresa y su gestión (Fleischer, & Reisman, 1967).

El tema de estudio está soportado por una serie de conceptos clave que permiten contextualizar esta línea de investigación, permitiendo evitar diferentes acepciones de un determinado termino que resultarían equivocadas. A continuación, se presentan los términos clave que enmarcan conceptualmente este estudio. En primer lugar, el concepto de empresa se refiere a la unidad económica y social, que está compuesta por elementos humanos, materiales y técnicos, y cuya finalidad es obtener utilidades a través de su participación en el mercado de bienes y servicios, haciendo uso de los factores productivos. Un aspecto clave de la empresa es su gestión (Curtis & Mont, 2020). La gestión corporativa indica la actividad que busca con la finalidad de mejorar la productividad y la competitividad, aplicándose en las acciones y en los resultados de las actividades productiva y comercial.

De este modo, la estrategia de una empresa debe buscar adaptarse a cada etapa de su ciclo de vida y a los cambios en el mercado en el que desarrolla la actividad. Por esto, el proceso de la toma de decisiones a nivel empresarial tiene como objetivo encontrar soluciones optimas en cada momento, y debe ser transversal con las características propias de la organización (Azorín et al., 2012). Las decisiones clave serán buscar alternativas eficaces para obtener liquidez y, así, adquirir una adecuada estabilidad financiera y dirigir las acciones hacia el crecimiento sostenible (Konstantas et al., 2019).

En el contexto actual donde la actividad para numerosas empresas es global, la capacidad de reacción es esencial. Por este motivo, la toma de decisiones a nivel corporativo perseguirá manejar información sólida y fiable, es decir, será clave detectar los datos incorrectos y sesgados; comprender los desafíos que representan las decisiones, es decir, deberá valorar las oportunidades como las amenazas que conllevan; analizar la incertidumbre y el riesgo de cada etapa; y establecer los métodos para tomar cada una de las decisiones necesarias (Konstantas et al., 2019; Rebs et al., 2019).

En el desarrollo de la actividad económica, una organización debe tomar decisiones, fundamentalmente, estratégicas, que previenen sobre acontecimientos futuros, y operativas, que dan herramientas para la gestión diaria (Holsapple et al., 2014) Es esta línea, entre las decisiones estratégicas más destacadas que tomará una empresa, en función del riesgo que conlleven, el modelo de negocio que aplicarán, es decir, valorar las variables producto, stock, precio, tipo de cliente, o coste comercial; la planificación financiera en cuanto a las inversiones, endeudamiento y financiación; la gestión de recursos humanos, relacionado con la política de retribución o las medidas de conciliación que adoptará la empresa; y la internacionalización (Abad-Segura & González-Zamar, 2020).

Por otro lado, en relación con las decisiones operativas, éstas se refieren a las medidas administrativas, tales como el control de la contabilidad o la gestión de impuestos; la política de compras y de selección de proveedores; el control de costes; la gestión de la tesorería; o las medidas de atención al cliente (Cuevas-Vargas et al., 2020).

En este orden, los procesos de análisis cuantitativo permiten analizar lógicamente los dilemas a los que se enfrenta una organización en el desarrollo de su actividad económica. Así, los métodos cuantitativos, empírico-analítico, racionalista o positivista se refieren a aquellos que se basan en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos (Hasan et al., 2019; Mahroof, 2019). De esta manera, delimita la asociación y la fuerza de las variables, la generalización de cada resultado obtenido para deducir una decisión óptima, utilizando valores cuantificables. Al mismo tiempo, permite ofrecer a los stakeholders sobre la aplicación de ciertas acciones basándose en indicadores. También es necesario indicar, que los métodos cuantitativos se oponen a los cualitativos, puesto que estos recopilan información y que no puede ser concretada en números sino en palabras (Haven & Van Grootel, 2019).

Finalmente, el campo de investigación de la toma de decisiones a nivel empresarial basadas en métodos cuantitativos estudia, entre otros, el análisis de múltiples variables aplicadas a la gestión de carteras; la capacidad de sintetizar la información disponible, con la finalidad de evaluar el entorno cambiante y las alternativas estratégicas; la competencia para planificar los recursos disponibles y emitir

opiniones técnicas y éticas de la actividad profesional; la aptitud para identificar, interpretar y resolver inconvenientes en un ámbito corporativo caracterizado por los cambios en los mercados financieros y la adaptación a la regulación contable y tributaria; la contribución de las matemáticas de las operaciones financieras y su aplicación a la contabilidad y a las finanzas; o la competencia empresarial de elaborar y validar indicadores en el ámbito económico y empresarial que faciliten el proceso de toma de decisiones (Morgan, 2019; Konstantas et al., 2019; Richards et al., 2019; Palacios et al., 2020).

3. Metodología

Este trabajo tiene como objetivo mostrar una visión general de la dinámica de la investigación sobre la toma de gestión corporativa basada en métodos cuantitativos, desde 1967 a 2019. Con este propósito, se han utilizado herramientas matemáticas, estadísticas y de mapeo. La bibliometría se define como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a revistas, libros y otros medios de comunicación (Hota et al., 2020). La finalidad de esta metodología es identificar y analizar los componentes principales dentro de un determinado campo de investigación específico, como, en este estudio, la toma de decisiones empresariales basadas en métodos cuantitativos. Además, permite presentar la evolución del interés por la temática objeto de estudio, al manifestar los autores, países, revistas y palabras clave más relevantes durante los últimos años (Biswas, 2020; Shehatta & Al-Rubaish, 2019; Neme-Chaves, & Rodríguez-González, 2019).

Los trabajos de investigación de una disciplina científica se pueden clasificar a través del análisis bibliográfico de acuerdo con su información, como la suma de documentos, número de citas, número de referencias utilizadas, palabras clave, instituciones, países, autores, índice h, entre otros (Delgado-Vázquez et al., 2019; Abad-Segura & González-Zamar, 2019).

En la cadena de la búsqueda utilizada se incluyeron los siguientes términos que aúnan la producción de este campo de investigación, en inglés: “decision making”, “business” y “quantitative method”. La elección de los términos de búsqueda atiende a los de mayor valor descriptivo y representatividad, de acuerdo con la revisión de la literatura realizada. Así, se incluyen los campos de título, resumen y palabras clave. La cobertura temporal corresponde el período que comprende desde el inicio de la primera publicación (1967) hasta 2019, esto es, 53 años. La muestra inicial incluyó 1.569 artículos, de los que se excluyó, por la distorsión que provocan en los resultados, los incluidos en las áreas temáticas: Medicine, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics, Nursing, Immunology and Microbiology, Neuroscience, Health Professions, Dentistry y Veterinary.

La muestra final incluyó un total de 1.143 documentos, con una amplia diversidad de variables a analizar para cada registro, como el año de publicación, la revista, el área temática, el autor y coautores del trabajo, la afiliación institucional de los autores, además del país de afiliación y las palabras clave que definen el documento, como se ha aplicado en otras publicaciones con éxito (López Meneses et al., 2015; Abad-Segura et al., 2019).

A partir de las técnicas bibliométricas se pueden crear, visualizar y explorar los mapas bibliográficos. En estos, los enlaces muestran las conexiones entre los distintos elementos. En este trabajo se muestran los enlaces basados en los métodos de coautoría, para autores, instituciones y países, y de coocurrencia, para las palabras clave (Abad-Segura et al., 2020). Así, los enlaces y los artículos forman una red bibliográfica conjunta (Kim et al., 2021; Zhu et al., 2019). Para analizar y visualizar la literatura científica se utilizó la herramienta de software VOSviewer (versión 1.6.15, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos) (Van Eck & Waltman, 2010).

4. Resultados y discusión

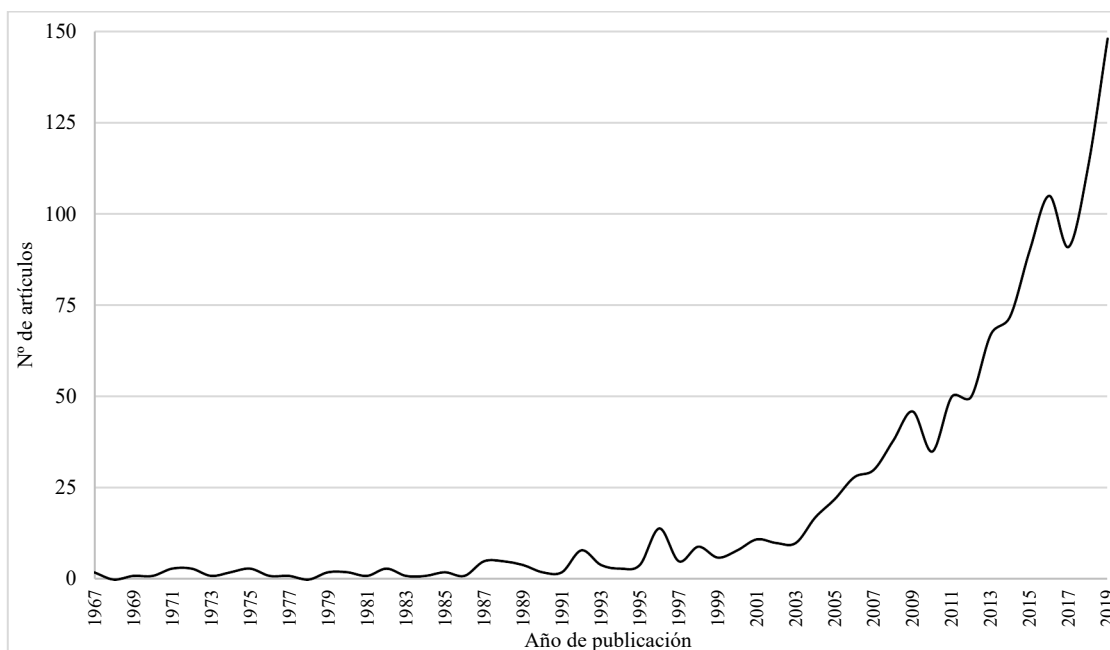
Esta sección presenta los resultados y discusión tanto de la producción científica sobre el tema de investigación relacionado con la toma de decisiones corporativas basadas en métodos cuantitativos, como de las relaciones de cooperación que se establecen entre los principales actores que impulsan este tema y el análisis de las palabras clave que permite identificar las líneas de investigación desarrolladas en este campo.

4.1. Análisis de la producción científica

La Figura 1 muestra la evolución de la producción científica a nivel global en el campo de investigación de las tomas de decisiones corporativas basadas en métodos cuantitativos, en el período 1967-2019. Se observa que, de las 1.143 contribuciones en el período de 53 años estudiado, 539 se han publicado en los últimos 5 años (2015-2019), es decir, el 47,86% del total de documentos, confirmando el interés del tema de investigación en los últimos años. En el último año, 2019, se han publicado 148 artículos (12,95%). De modo que se manifiesta el interés por el estudio de esta área de investigación a nivel internacional, con una publicación creciente desde el inicio y exponencial con el comienzo del nuevo siglo. Los documentos analizados se han escrito en 16 idiomas diferentes, con 1.070 en inglés (93,61%).

Las contribuciones están clasificadas de distintas áreas temáticas, destacando de forma significativa Social Sciences, con 409 artículos, que representan el 36% del total; Business, Management and Accounting (35%); Economics, Econometrics and Finance (12%); y Mathematics (7%). Un mismo artículo puede estar clasificado en más de un área, siguiendo el criterio del editor la revista y el autor.

Figura 1. Evolución de la producción científica (1967-2019).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos de Scopus.

La Tabla 1 muestra los 5 artículos más citados durante el período analizado (1967-2019), los autores y el año de publicación. En este contexto, el primer artículo sobre esta temática data de 1967, con el título *Investment Decisions Under Conditions of Inflation*, publicado en la revista *International Journal of Production Research*, por los autores estadounidenses Fleischer y Reisman; y el artículo más

citado (616 citas), fue publicado en 2001 por la revista *Long Range Planning*, con el título *Project success: A multidimensional strategic concept*, y redactado por Brickson, S.L.

Tabla 1. Artículos más citados (1967-2019).

Título del artículo	Autores	Año de publicación	Citas
Project success: A multidimensional strategic concept	Shenhar, A.J., Dvir, D., Levy, O., Maltz, A.C.	2001	616
Business process change: A study of methodologies, techniques, and tools	Kettinger, W.J., Teng, J.T.C., Guha, S.	1997	609
How people get into mental health services: Stories of choice, coercion and 'muddling through' from 'first-timers'	Pescosolido, B.A., Gardner, C.B., Lubell, K.M.	1998	263
Discovering factors that influence the success of community-based marine protected areas in the Visayas, Philippines	Pollnac, R.B., Crawford, B.R., Gorospe, M.L.G.	2001	259
Organizational identity orientation: Forging a link between organizational identity and organizations' relations with stakeholders	Brickson, S.L.	2005	248

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos de Scopus.

El país que más ha contribuido a este tema de investigación ha sido Estados Unidos, con 251 artículos, que representa el 21,96% del total. Le siguen China (118; 10,32%), Reino Unido (104; 9,10%), Malaysia (62; 5,42%), Australia (52; 4,55%), Alemania (52; 4,55%), Indonesia (44; 3,85%), Canadá (42; 3,67%), Italia (33; 2,89%), España (29; 2,54%), Brasil (24; 2,10%), y Sudáfrica (24; 2,10%). El resto de los países no alcanza el 2% del total de publicaciones.

Asimismo, los autores que más han publicado sobre la toma de decisiones empresariales que están basadas en métodos cuantitativos han sido, con 3 artículos cada uno de ellos (Kaltum, U.; Mura, L.; Quan, L.; Rashid, N.; Sule, E.T.; Yousef, D.A.; y Zavadskas, E.K.)

Por otro lado, en relación con las instituciones de investigación más productivas, éstas han sido la Chinese Academy of Sciences, con 12 artículos; la Universiti Utara Malaysia, con 10; las University of Chinese Academy of Sciences y Bina Nusantara University, con 9; la Universiti Teknologi Malaysia, con 8; y, con 7 artículos publicados, las Universiti Sains Malaysia, Hong Kong Polytechnic University, Massachusetts Institute of Technology, Virginia Polytechnic Institute and State University, y Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas.

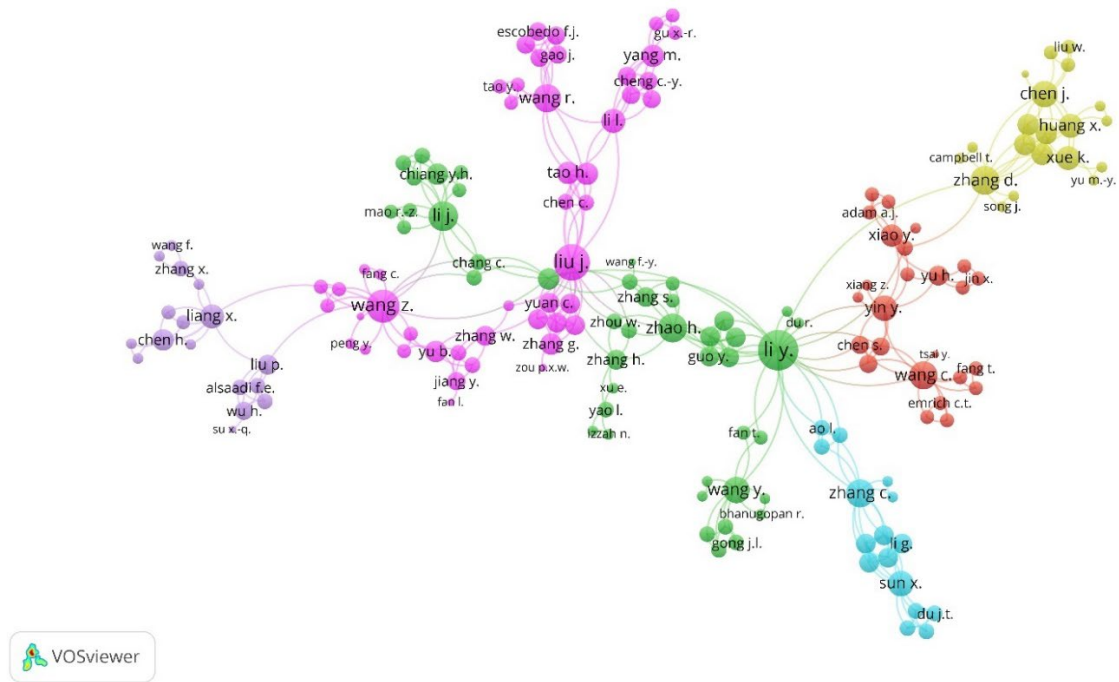
4.2. Análisis de las redes de colaboración científica

En este epígrafe se analizan las principales redes de cooperación entre los distintos agentes impulsores de esta temática de estudio (autores, instituciones y países). La muestra de 1.143 artículos estuvo compuesta por 3.000 autores a nivel internacional. La Figura 2 muestra la red de colaboración científica basada en la coautoría de artículos sobre la toma de decisiones empresariales basadas en métodos cuantitativos. Los autores se asociaron, según la herramienta VOSviewer, en 6 grupos.

El grupo 1, de color rosa, lo lidera Wang Z. y se asocia, entre otros, con los autores Liu J., Wang R., Jiang Y., Li L., Tao H., Yang M., Yu B., Zhang G., Zhang W., Zhu H. y Chen C. En el grupo 2, de color verde, encabezado por Li Y., se asocian Wang Y., Zhao H., Chiang Y.H., Wang L., Yao L., Zhang H., Zhang Q., Zhang S., Bhanugopan R., Cai W., Chang C., Choi T.N.Y., Ding H., Du R., Fan T. y Gong J.L. El grupo 3, de color azul, está liderado por Wang C. y se asocia con Xiao Y., Yin Y., Wu J.,

Yu H., Adam A.J., Chen S., Chu B., Emrich C.T., Fang T., Gao Y., Guo D. y He Y. El grupo 4, de color amarillo, está encabezado por Zhang D. y se vincula con los autores Chen J., Huang J., Huang X., Xue K., Campbell T., Hua C., Kudratova S., Liu W., Luo J.X. y Mei Y. Mientras, el grupo 5, de color violeta, lo encabeza Liang X. y se asocia con Chen H., Liu P., Wu H., Zhang X., Alsaadi F.E., Gao H., Ju M., Li R. y Pontius R.G. Finalmente, en el grupo 6, de color azul, está liderado por Zhang C. y se vincula, entre otros con Sun X., Ao L., Ding M., Du J.T., He B., Li G., Meng F., Ranjan R., Ren F. y Sun D.

Figura 2. Red de cooperación entre autores.



Fuente: VOSviewer.

La Tabla 2 muestra los 10 autores más productivos en la temática analizada, junto con el número de artículos publicados sobre la toma de decisiones utilizando métodos cuantitativos, la institución a la que están afiliados, además de la ciudad y país de la misma.

Tabla 2. Autores más productivos (1967-2019).

Autor	Artículos	Institución	Ciudad, País
Mura, L.	3	Pan European University	Bratislava, Eslovaquia
Quan, L.	3	Vietnam National University Hanoi	Hanoi, Vietnam
Rashid, N.	3	Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Facultad de Gestión de Tecnología y Tecnoemprendimiento	Malacca, Malasia
Yousef, D.A.	3	United Arab Emirates University, Departamento of Business Administration	Al Ain, Emiratos Árabes Unidos
Zavadskas, E.K.	3	Vilnius Gedimino Technikos Universitetas	Vilnius, Lituania
Abdillah, M.N.	2	Universitas Indonesia, Departamento de Física	Depok, Indonesia

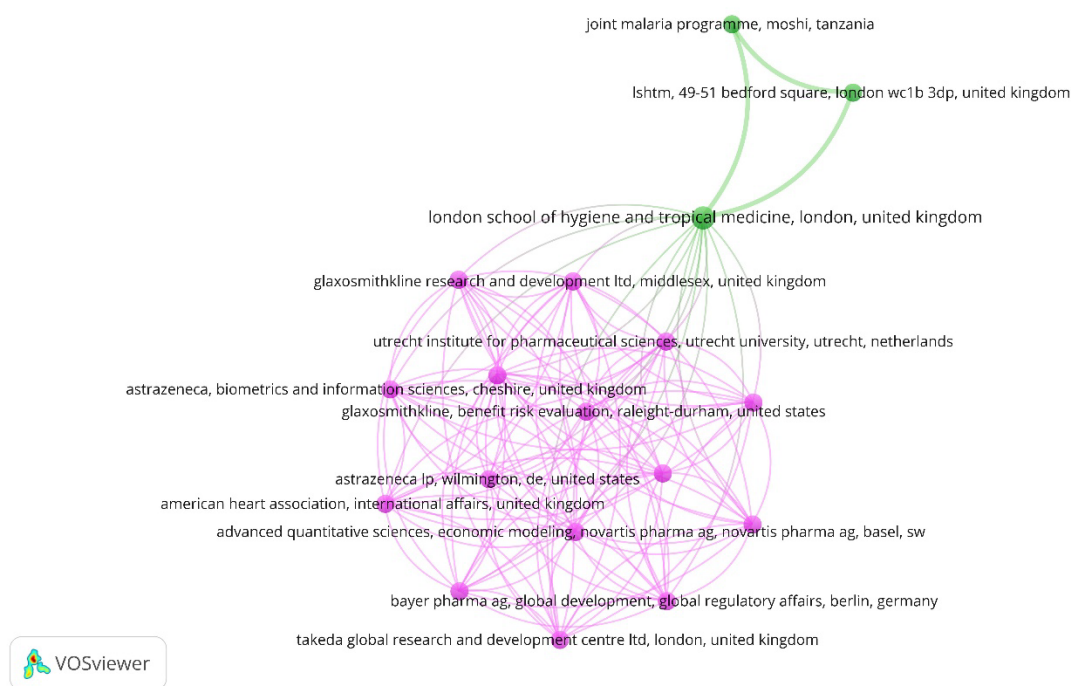
Aguilar-Støen, M.	2	Universitetet i Oslo	Oslo, Noruega
Ahmad, A.	2	Universiti Utara Malaysia, Escuela de Computación	Sintok, Malasia
Al-Shami, S.S.A.	2	Universiti Teknikal Malaysia Melaka	Malacca, Malasia
Artino, A.R.	2	The George Washington University	Washington, D.C., Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos de Scopus.

La publicación del total de contribuciones se ha distribuido entre 2.115 instituciones.

La Figura 3 muestra la red de colaboración científica entre instituciones según la coautoría de documentos sobre la temática de estudio. Así, las instituciones se asociaron en 2 grupos.

Figura 3. Red de cooperación entre instituciones.



Fuente: VOSviewer.

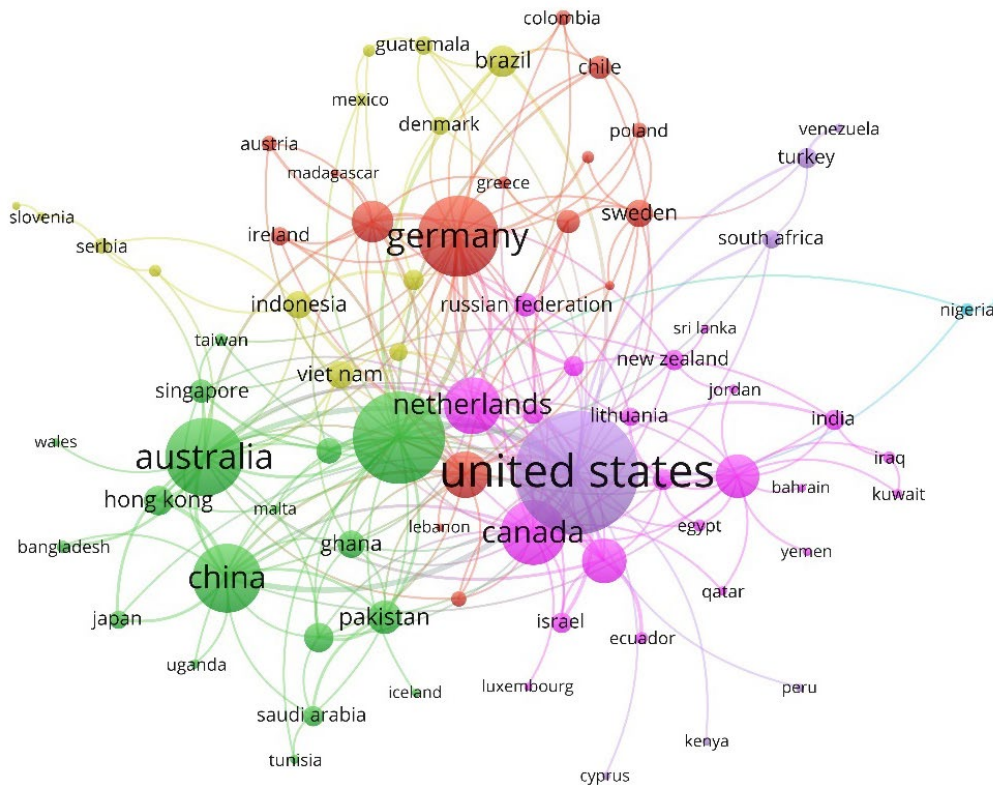
El primero (color rosa), es el más numeroso y está conformado por las instituciones: Advanced Quantitative Sciences, Economic Modeling, Novartis Pharma Ag, Novartis Pharma Ag (Basel, Suiza); American Heart Association, International Affairs (Reino Unido); Astrazeneca Lp (Delaware, Estados Unidos); Astrazeneca, Biometrics and Information Sciences (Cheshire, Reino Unido); Bayer Pharma Ag, Global Development, Global Regulatory Affairs (Berlín, Alemania); Glaxosmithkline Research and Development Ltd. (Middlesex, Reino Unido); Glaxosmithkline, Benefit Risk Evaluation, (Raleigh-Durham, Estados Unidos); Global Safety and Independent Biostatistics (Internacional), Amgen Limited, (Uxbridge, Reino Unido); Mario Negri Institute for Pharmacological Research (Milán, Italia); Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency (Londres, Reino Unido); Merckserono International Sa (Génova, Suiza); Sanofi-Aventis, Pharmacoepidemiology Bridgewater (Nueva Jersey, Estados Unidos); School of Public Health, Imperial College London (Londres, Reino Unido); Takeda

Global Research and Development Centre Ltd. (Londres, Reino Unido); y Utrecht Institute for Pharmaceutical Sciences, Utrecht University (Utrecht, Países Bajos).

Mientras que en el grupo 2 (color verde) están agrupados las instituciones Joint Malaria Programme (Moshi, Tanzania); The London School of Hygiene & Tropical Medicine (Londres, Reino Unido) y London School of Hygiene and Tropical Medicine (Londres, Reino Unido).

Del mismo modo, han contribuido 106 países al desarrollo de este campo de investigación. La Figura 4 representa el mapa de colaboración entre los principales países basado en la coautoría de sus autores. Los colores representan los diferentes grupos formados por los grupos de países, mientras que el tamaño del círculo varía en función del número de contribuciones de cada país. De este modo, cuanto mayor sea el círculo que representa cada país, mayor será el número de contribuciones cuya autoría simboliza. El software VOSviewer ha detectado que se asocian según 5 grupos diferenciados.

Figura 4. Red de cooperación entre países.



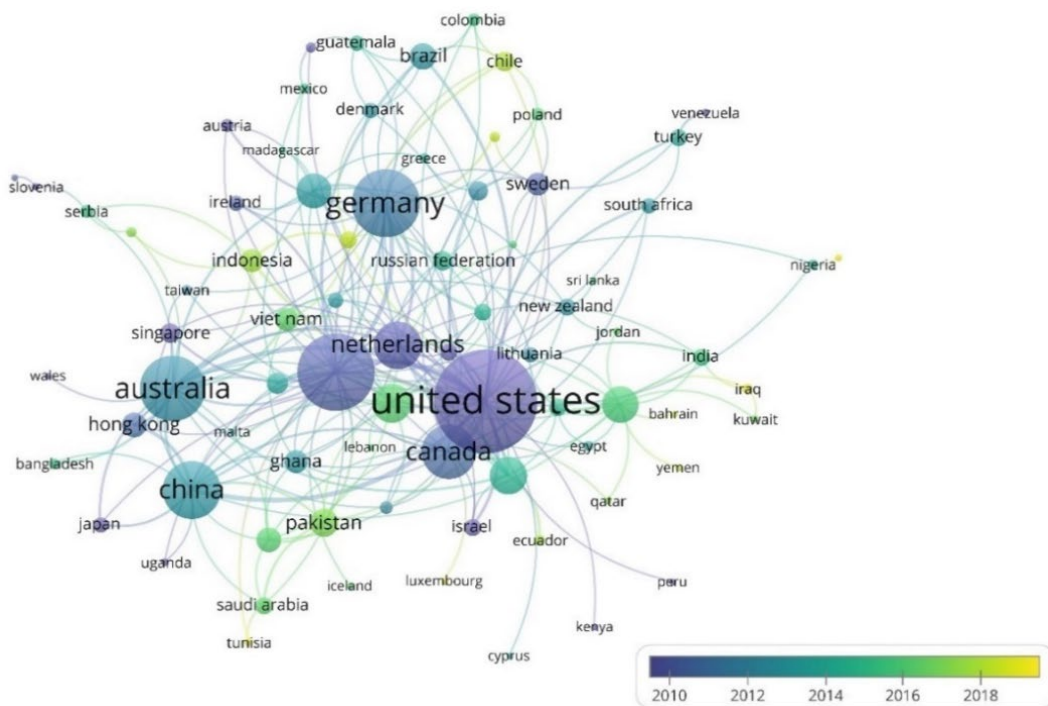
Fuente: VOSviewer.

El grupo 1 (color rosa), el más numeroso, está encabezado por Malasia y se vincula, entre otros, con Canadá, España, Países Bajos, Irán, India, Rusia, Suiza, Nueva Zelanda, Lituania, Israel, Portugal, Jordania, Irak y Ecuador. El grupo 2 (verde) está liderado por China y se asocia, entre otros, con Reino Unido, Australia, Taiwán, Corea del Sur, Hong Kong, Japón, Emiratos Árabes Unidos, Ghana, Singapur, Pakistán, Bangladesh, Arabia Saudita, Uganda, Islandia, Malta, Túnez y Gales. El grupo 3 (rojo) está encabezado por Alemania y queda asociado con Italia, Finlandia, Suecia, Polonia, Francia, Grecia, Colombia, Irlanda, Tanzania, Austria, Chile, Nueva Caledonia, Líbano, Madagascar y Filipinas. Asimismo, el grupo 4 (amarillo) está liderado por Indonesia y se vincula, entre otros, con Brasil, Vietnam, Eslovenia, México, Tailandia, Noruega, Bélgica, Croacia, Dinamarca, Guatemala, Macedonia del Norte y Serbia. Por último, el grupo 5 (violeta), el menos numeroso, está encabezado por Estados

Unidos y se asocia, entre otros, con Sudáfrica, Turquía, Chipre, Kenia, Venezuela, Perú, Nigeria y Zimbabue.

Por otro lado, la Figura 5 muestra la evolución de cada grupo de países al diferenciar el período en el que han sido estudiados; es decir, esta figura muestra cómo se han ido incorporando los países a cada conglomerado, de modo que los países representados con un círculo de color azul más intenso fueron los primeros en formar el clúster; mientras que los de color amarillo han sido los últimos en incorporarse a estos. En este contexto, se observa cómo han ido evolucionando las relaciones entre los países al publicar artículos sobre la toma de decisiones corporativas asociadas a métodos cuantitativos. Los países que más recientemente se han sumado a la contribución de la temática de estudio son: en 2016, Ecuador, Qatar, Chile, Indonesia y Macedonia del Norte; en 2018, Irak, Bahrein, Yemen, Tanzania y Tailandia; mientras que en 2019 se incorporaron a la temática, Luxemburgo, Túnez y Zimbabue.

Figura 5. Evolución de la cooperación entre países (1967-2019).



Fuente: VOSviewer.

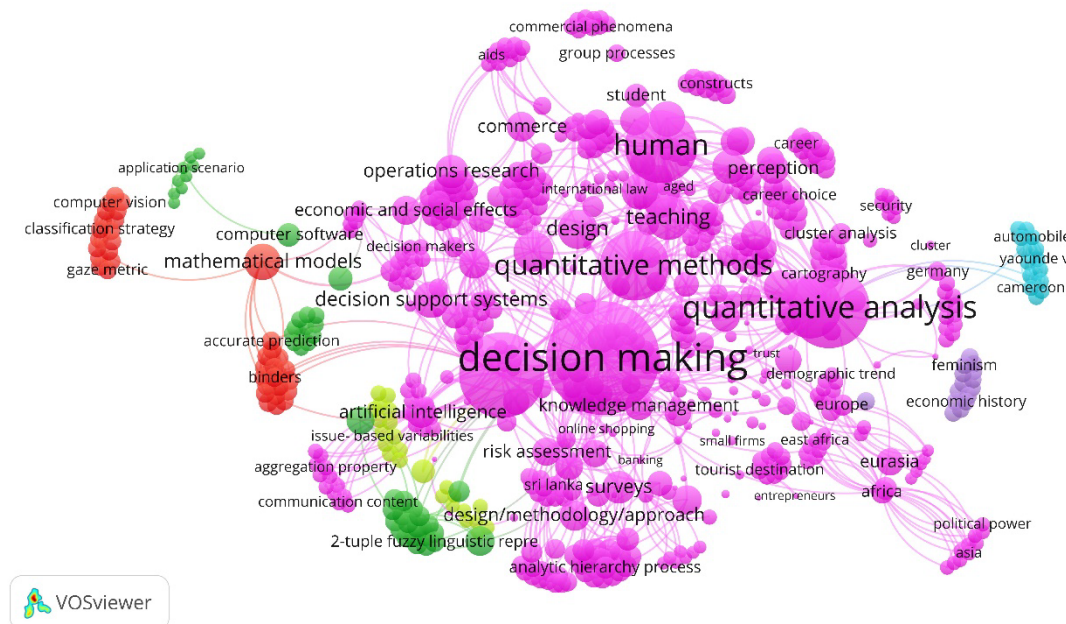
4.3. Análisis de las palabras clave.

El análisis del conjunto de palabras clave de un tema específico de investigación permite conocer las principales líneas de investigación que se desarrollan por los principales agentes que la impulsan (autores, instituciones y países). Así, con el propósito de observar la evolución de las tendencias en este campo de investigación, se realizó un análisis de las 7.199 palabras clave utilizadas en los 1.143 artículos.

La Figura 6 muestra el mapa de red para las palabras clave de la muestra completa de las contribuciones analizadas sobre la toma de decisiones empresariales basadas en métodos cuantitativos. El tamaño del círculo representa el número de artículos en los que aparece cada palabra clave y el color informa del grupo en el que se incluye la palabra clave en función del número de apariciones conjuntas.

La herramienta VOSviewer ha identificado 6 grupos principales que representan los distintos puntos de vista sobre la investigación de este campo de estudio. Las principales palabras clave son decision making (toma de decisiones), regression analysis (análisis de regresión), mathematical models (modelos matemáticos), planning (planificación o estudio), comparative study (estudio comparativo) y validation process (validación del proceso), en torno a las que se vinculan el resto de los términos de las publicaciones sobre este tema de investigación.

Figura 6. Red de palabras clave.



Fuente: VOSviewer.

Así, el primer grupo (rosa) está liderado por el término “decision making”. Se asocia, entre otros, con los siguientes términos: metodología, estudio controlado, innovación, análisis de conglomerados, trabajo de investigación, método cuantitativo, enfoque integrado, encuesta, dinámica poblacional, tecnología, análisis de red, practica de gestión, modelo cuantitativo, software, indicadores, base de datos, conjunto de datos, análisis de tendencia, marco organizacional, condiciones socioeconómicas, modelado, evaluación, conocimiento, Internet, pequeña y mediana empresa, marco conceptual, evaluación de criterios múltiples, desarrollo de negocios, y metaanálisis. Esta primera línea de investigación examina y desarrolla el proceso de toma de decisiones a nivel corporativo independientes de la creación de los productos y la prestación de servicios, con la finalidad del crecimiento empresarial. De este modo, la línea de investigación contribuye a analizar dónde deben invertir y cómo gestionar las unidades de negocio de la organización (Kettinger et al., 1997; Páez et al., 2013). Así, la investigación se ha dirigido a añadir contribuciones que aporten herramientas de valor agregado y estrategias a la gerencia para, entre otras, la coordinación optima en términos de calidad del servicio al cliente; estrategias de venta cruzada, de economías de escala e integración vertical; la comunicación efectiva con los stakeholders; o la gestión del riesgo (Rao & Tilt, 2016; Neme-Chaves & Rodríguez-González, 2019).

El segundo grupo (verde) está encabezado por el término “regression analysis” y se asocia con análisis cualitativo, procedimientos, investigación cualitativa, encuesta, cuestionario, procesamiento de información, entrevista, ciencias económicas, acercamiento estratégico, enfoque participativo, modelo teórico, reproducibilidad de resultados, estadísticas y datos numéricos, política, normas, análisis discriminante, muestreo, educación, modelos, recomendaciones políticas, procesamiento de datos, y

análisis de datos. Este segundo componente se ha centrado en la estimación y análisis de las relaciones entre variables. En definitiva, esta línea se dedica a determinar la eficiencia de la empresa dentro del sector (Kasim et al., 2011). Asimismo, como para establecer la relación entre diferentes variables es preciso que ésta tenga una base teórica adecuada, esta línea contribuye al campo de investigación con análisis de modelos teóricos, procedimientos, o las implicaciones políticas y educativas (Vera & Villalón, 2005).

En el grupo 3 (rojo) destaca el término “mathematical models” y se vincula con evaluación de riesgos, sistemas de soporte a la decisión, teoría de la decisión, gestión de proyectos, análisis de incertidumbre, planificación estratégica, efectos económicos y sociales, simulación por ordenador, gestión de riesgos, coste, probabilidad, análisis coste-beneficio, sistemas jerárquicos, inteligencia artificial, inversiones, resolución de problemas, simulación, ventas, rentabilidad, gestión de la construcción, software de ordenador, incertidumbre, análisis multicriterio, evaluación comparativa, gestión de calidad total, gestión de la cadena de suministro, marketing, gerencia, estocasticidad, lógica difusa, modelos de toma de decisiones, procesamiento de datos administrativos, competencia, teoría de juegos, alineación estratégica, análisis de decisión de criterios múltiples, análisis de fiabilidad, proceso de red analítica, y proceso de jerarquía analítica. Esta línea de investigación se centra en el estudio de modelos matemáticos aplicados a la toma de decisiones, de modo que analiza la información económica-financiera de la compañía con el objeto de una gestión óptima. En este contexto, a partir de la extracción de datos, se realizan proyecciones y estimaciones razonables sobre el futuro económico de la empresa (Wong et al., 2011).

Mientras, el grupo 4 (amarillo) liderado por el término “planning” se asocia con previsión, análisis de riesgo, finanzas, método de planificación, gestión industrial, fiabilidad, algoritmos, análisis de criterios múltiples, economía industrial, toma de decisiones con criterios múltiples, seguro de calidad, sistemas de información gerencial, optimización multiobjetivo, la satisfacción del cliente, ciencia de gestión, gestión de la información, gestión eficaz, e indicadores de mapeo. Este grupo ha contribuido a desarrollar aspectos corporativos relacionados con la planificación financiera, con la finalidad de tomar decisiones con una antelación suficiente antes que se produzcan los hechos (Hernández-Yumar et al., 2018). Esta línea desarrolla estudios sobre el análisis de la situación actual del negocio; los objetivos de la empresa atendiendo al horizonte temporal; o la estrategia financiera óptima (Işık et al., 2013; Richards et al., 2019).

El grupo 5 (violeta) está liderado por “comparative study” se asocia a términos tales como: stakeholders, método de evaluación, método analítico, técnicas de apoyo a la decisión, análisis, análisis de decisión, tomadores de decisiones, almacenamiento digital, sociedad, leyes y legislación, actividad económica, evaluación de impacto, calidad, método de índice, decisión cuantitativa, análisis envolvente de datos, y calidad de datos. En este sentido, esta quinta línea de investigación contribuye al análisis comparativo de la situación de la empresa con el sector donde desarrolla la actividad económica; y con las ratios de referencia de empresas seleccionadas, como el benchmarking financiero que mide el rendimiento de las inversiones (Starr, 2014; Benavides-Velasco, Quintana-García & Guzmán-Parra, 2013).

Por último, el grupo 6 (azul) está encabezado por el término “validation process” y se asocia a control de calidad, exactitud, estándar, e-learning, confirmación, identificación, validación del método, validez cualitativa, y nomenclatura. En este grupo se ha desarrollado la validación de proceso, como estrategia para establecer pruebas documentada que proporcionen fiabilidad y seguridad de que un determinado proceso específico para producir un bien cumple un conjunto de especificaciones y características de calidad que previamente se han determinado (Aruldoss et al., 2013). En el sentido de validar un modelo de negocio basándose en métodos cuantitativos, se refiere a demostrar que las hipótesis sobre las que se establece la estrategia de negocios son ciertas y viables (Gómez & Haro, 2012).

La Tabla 3 muestra las 20 principales palabras clave, según el número de ocurrencias, de enlaces y la fuerza de enlace total. Además, indica el grupo al que pertenece (ver Figura 6), es decir, a la línea

de investigación. Asimismo, la columna “enlaces” se refiere a la conexión de ocurrencia entre dos palabras clave; el atributo “fuerza de enlace total” se refiere la fuerza total de los enlaces de coautoría de un autor determinado con otros autores; mientras que la columna “ocurrencias” indica el número de artículos en los que aparece la palabra clave. En este sentido, los términos “decision making”, “quantitative method” y “quantitative analysis” son los que presentan mayores valores en los tres atributos.

Tabla 3. Evolución de la relación entre las palabras clave.

n	Palabra clave	Enlaces	Fuerza de enlace total	Ocurrencias
1	Decision Making	429	1.525	253
2	Quantitative Method	336	830	150
3	Quantitative Analysis	425	962	103
4	Risk Assessment	190	266	34
5	Sustainable Development	163	275	32
6	Decision Support Systems	108	224	30
7	Project Management	83	166	28
8	Innovation	67	91	24
9	Methodology	88	126	24
10	Optimization	73	141	22
11	Research	98	136	21
12	Decision Theory	95	168	21
13	Mathematical Models	58	101	21
14	Management	52	66	21
15	Decision-Making	63	81	20
16	Sustainability	128	181	19
17	Environmental Protection	238	350	19
18	Strategic Planning	72	106	18
19	Uncertainty Analysis	91	137	17
20	Risk Management	55	93	17

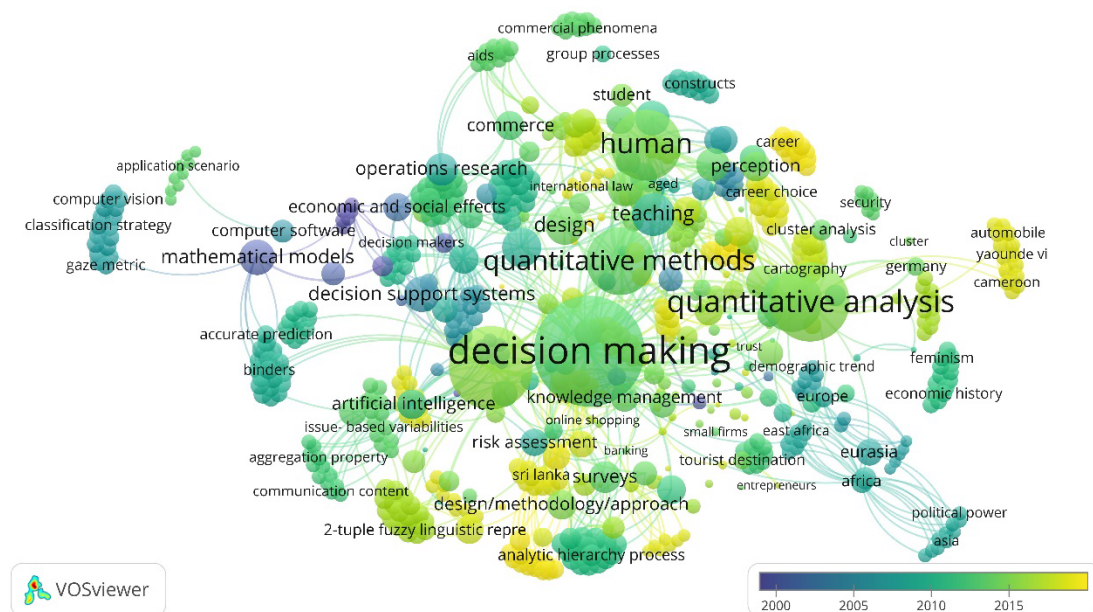
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos de VOSviewer.

Los distintos grupos del tema estudiado hace diferenciarse del resto al centrarse en temas específicos. Esto, principalmente, se explica por las áreas temáticas donde dependiendo de la madurez del estudio y del período temporal los estudios van enfocados más a un tema u otro.

La Figura 7 presenta la madurez de cada grupo de palabras clave al diferenciar el período en el que han sido estudiadas. Así, parte de los términos más centrales, los grupos 1 y 2, son los más antiguos, es decir, la base del tema de estudio. Por otro lado, es un campo de investigación con cierta madurez, puesto que son pocos los términos que se han incorporado a la temática de investigación en los últimos años. Así, las últimas palabras clave que se añadieron, en 2017 y 2018, son: optimización multiobjetivo, métricas de rendimiento, ingeniería de software basada en búsqueda (sbse), método estructurado, método de estimación, y “verbal decision analysis method (ZAPROS III-i)”.

Esta figura permite comprender la importancia relativa de las palabras claves en función del momento en el que han aparecido. Así las más pioneras tendrán mayor influencia, de modo que actúan como referencia para las que han ido surgiendo con posterioridad. De todos modos, la existencia de 6 grupos claramente diferenciados permite entender como la toma de decisiones corporativas basadas en métodos cuantitativos comprende diversas líneas de estudio en la actividad investigadora.

Figura 7. Evolución de la red de palabras clave.



Fuente: VOSviewer.

5. Conclusiones

El objetivo de este estudio fue analizar las tendencias de investigación sobre la toma de decisiones corporativas basadas en métodos cuantitativos, desde el inicio de su investigación hasta 2019. Para esto, se ha desarrollado un análisis bibliométrico y de visualización de 1.143 documentos obtenidos de la base de datos Scopus.

El número de artículos por año durante el período analizado, 1967-2019, se ha incrementado, especialmente, en los últimos cinco años, con 547 artículos, que representan el 47,86% del total de las contribuciones sobre esta temática. Se han publicado en 16 idiomas, donde el 93,61% se realizó en inglés. Además, los artículos están clasificadas de distintas áreas temáticas, destacando de forma significativa Social Sciences, y Business, Management and Accounting, con el 36% y 35%, respectivamente.

En relación con los países que más han contribuido a este campo de investigación, destacan las potencias mundiales a nivel económico y político, como Estados Unidos (21,96% del total de artículos), China (10,32%) y Reino Unido (9,10%). Asimismo, la muestra total de artículos no se concentra en pocos autores e instituciones, sino que los autores más productivos cuentan con tres contribuciones a este tema y la organización más productiva, la Chinese Academy of Sciences, cuenta con 12 artículos, seguida de la Universiti Utara Malaysia, con 10.

Las principales palabras clave que se relacionan para registrar publicaciones con la temática son “decision making”, “quantitative method”, “quantitative analysis” y “risk assessment”, tanto en número de artículos como en fuerza total de enlace. En el periodo analizado se han identificado seis principales líneas de investigación en este campo de estudio, que contribuyen con artículos dedicados a optimizar la toma de decisiones; al análisis de regresión como metodología; a desarrollar modelos matemáticos; a la planificación o el estudio de las acciones clave en las instituciones; al estudio comparativo de los resultados de la empresa con los del sector o empresas con una actividad similar; y a la validación de los procesos.

En términos de la toma de decisiones empresariales, cualquier acuerdo tiene un impacto, que puede modificar el rumbo de la organización; de modo que una consecuencia directa de la errónea toma de decisiones, como es la planificación financiera o el desconocimiento de las fuentes para obtener liquidez, puede derivar en el cierre de negocios. Es esencial, para el tejido empresarial a nivel internacional, que las empresas sepan manejar la información basada en métodos cuantitativos, con la finalidad de optimizar la toma de decisiones y realizar un continuo control de la gestión. Así que, la investigación de este campo debe continuar desarrollándose en nuevas líneas que exploren diferentes aspectos y ayuden al tejido empresarial a optimizar sus acciones.

El análisis aplicado de este estudio presentar algunas limitaciones metodológicas. En este sentido, la base de datos consultada podría afectar la selección de documentos, aunque es necesario tener en cuenta que Scopus incluye la mayoría de los artículos incluidos en otras bases de datos. Además, cabe señalar que una consulta de búsqueda diferente puede dar resultados diferentes y que el estudio cuantitativo realizado en este estudio se podría completar con un análisis cualitativo.

5.1. Futuras dirección de investigación

Una vez revisada la literatura sobre el tema de investigación, junto con los últimos estudios que están llevando a cabo los principales actores impulsores de este campo de investigación, además del análisis de las palabras claves y sus principales líneas de investigación, se han detectado cuáles pueden ser las distintas direcciones que pueden tomar las futuras líneas de investigación: (i) el impacto de los factores de comportamiento en la toma de decisiones de inversión; (ii) cuantificar las percepciones individuales heterogéneas en la investigación de gestión de proyectos; (iii) evaluar los factores críticos de éxito de la implementación de inteligencia de datos en el sector privado utilizando un proceso de jerarquía analítica; (iv) comportamiento de toma de decisiones y percepción de riesgo de los gerentes de pequeñas y medianas empresas de economías menos industrializadas; y (v) modelado y mejoramiento basado en datos de sistemas de producción de múltiples etapas con mantenimiento predictivo y calidad del producto.

5.2. Implicaciones prácticas de la investigación

Los hallazgos de esta investigación reflejan que en la toma de decisiones aplicando métodos cuantitativos se deben considerar tanto la (i) visión estratégica, que promueve un enfoque al largo plazo con el objetivo de mantener la competitividad del proyecto mediante una adaptación constante y progresiva al entorno, es decir, la empresa busca conseguir ventajas frente a los competidores con objeto que permitan la supervivencia a partir de un mejor conocimiento del mercado y así anticiparse a su evolución; como la (ii) visión operativa, con un enfoque en el corto plazo con la misión de responder y garantizar que la estrategia seguida en el largo plazo se ejecuta de correctamente, alineándose los objetivos con las estrategias y con los planes de acción.

En relación con las implicaciones del estudio para investigadores y académicos, ésta reconoce que la realidad está constituida por las contribuciones de los diferentes actores, quienes mantienen diferentes interpretaciones sobre el ámbito corporativo, de modo que esta situación plural permite que se desarrollen estrategias comunes necesarias para interpretar la práctica cotidiana de la empresa y sus conflictos éticos.

Referencias

- Abad-Segura, E., Cortés-García, F.J., & Belmonte-Ureña, L.J. (2019). The sustainable approach to corporate social responsibility: A global analysis and future trends. *Sustainability*, 11(19), 5382.
- Abad-Segura, E., González-Zamar, M.-D., López-Meneses, E., & Vázquez-Cano, E. (2020). Financial Technology: Review of Trends, Approaches and Management. *Mathematics*, 8(6), 951.
- Abad-Segura, E., & González-Zamar, M.-D. (2019). Effects of Financial Education and Financial Literacy on Creative Entrepreneurship: A Worldwide Research. *Education Sciences*, 9(3), 238.
- Abad-Segura, E., & González-Zamar, M.-D. (2020). Global Research Trends in Financial Transactions. *Mathematics*, 8(4), 614.
- Acosta-Prado, J.C., Ramírez Ospina, D.E., & Sanabria Landazábal, N.J. (2019). Values and control of agency problems in family businesses. *Revista Lasallista de Investigación*, 16(2), 106-121.
- Aruldoss, M., Lakshmi, T.M., & Venkatesan, V.P. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43.
- Attaguile, M.D. (2019). Los problemas de agencia como marco teórico de los planes de remuneraciones por opciones: principales contribuciones. *Revista Cultura Económica*, 98, 115-130.
- Azorín, J.F.M., Gamero, M.D.L., Moliner, J.P., Ortega, E.M. P., & Guilló, J.J.T. (2012). Métodos híbridos de investigación y dirección de empresas: ventajas e implicaciones. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15(2), 55-62.
- Benavides-Velasco, C.A., Quintana-García, C., & Guzmán-Parra, V.F. (2013). Trends in family business research. *Small business economics*, 40(1), 41-57.
- Biswas, S. (2020). Measuring performance of healthcare supply chains in India: A comparative analysis of multi-criteria decision making methods. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3(2), 162-189.
- Cuevas-Vargas, H., Parga-Montoya, N., & Estrada, S. (2020). Incidencia de la innovación en marketing en el rendimiento empresarial: una aplicación basada en modelamiento con ecuaciones estructurales. *Estudios Gerenciales*, 36(154), 66-79.
- Curtis, S. K., & Mont, O. (2020). Sharing economy business models for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121519.
- Delgado-Vázquez, Á.M., Cano, E.V., Montoro, M.R.B., & Meneses, E.L. (2019). Análisis bibliométrico del impacto de la investigación educativa en diversidad funcional y competencia digital: Web of Science y Scopus. *Aula abierta*, 48(2), 147-156.
- Fleischer, G.A., & Reisman, A. (1967). Investment Decisions Under Conditions of Inflation. *International Journal of Production Research*, 6(2), 87-95.
- Gómez, R.S., & Haro, S.G. (2012). Relación entre los factores institucionales y el emprendimiento: análisis mediante técnicas cuantitativas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 13, 54-72.
- Hasan, N., Miah, S.J., Bao, Y., & Hoque, M.R. (2019). Factors affecting post-implementation success of enterprise resource planning systems: a perspective of business process performance. *Enterprise Information Systems*, 13(9), 1217-1244.

- Hernández-Yumar, A., Wemrell, M., Abasolo Alesson, I., González López-Valcárcel, B., Leckie, G., & Merlo, J. (2018). Socioeconomic differences in body mass index in Spain: An intersectional multilevel analysis of individual heterogeneity and discriminatory accuracy. *PloS one*, *13*(12), e0208624.
- Holsapple, C., Lee-Post, A., & Pakath, R. (2014). A unified foundation for business analytics. *Decision Support Systems*, *64*, 130-141.
- Hota, P.K., Subramanian, B., & Narayanamurthy, G. (2020). Mapping the intellectual structure of social entrepreneurship research: A citation/co-citation analysis. *Journal of Business Ethics*, *166*(1), 89-114.
- Işık, Ö., Jones, M.C., & Sidorova, A. (2013). Business intelligence success: The roles of BI capabilities and decision environments. *Information & Management*, *50*(1), 13-23.
- Kasim, M.M., Ibrahim, H., & Bataineh, M.S. (2011). Multi-criteria decision making methods for determining computer preference index. *Journal of Information and Communication Technology*, *10*, 137-148.
- Kettinger, W.J., Teng, J.T.C., & Guha, S. (1997). Business Process Change: A Study of Methodologies, Techniques, and Tools. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *21*(1), 55.
- Konstantas, A., Stamford, L., & Azapagic, A. (2019). Economic sustainability of food supply chains: Life cycle costs and value added in the confectionary and frozen desserts sectors. *Science of the total environment*, *670*, 902-914.
- L. Haven, T., & Van Grootel, D.L. (2019). Preregistering qualitative research. *Accountability in Research*, *26*(3), 229-244.
- López-Meneses, E., Vázquez-Cano, E., & Román-Graván, P. (2015). Análisis e implicaciones del impacto del movimiento MOOC en la comunidad científica: JCR y Scopus (2010-13). *Comunicar*, *XXII*(44), 73-80.
- Mahroof, K. (2019). A human-centric perspective exploring the readiness towards smart warehousing: The case of a large retail distribution warehouse. *International Journal of Information Management*, *45*, 176-190.
- Morgan, O. (2019). How decision makers can use quantitative approaches to guide outbreak responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *374*(1776), 20180365.
- Neme-Chaves, S. R., & Rodríguez-González, L. Y. (2019). Un análisis bibliométrico del brand equity 1991 - 2018. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, *28*, 364-380.
- Páez, A.L.C., Román, I.P., & Hernández, Z.T. (2013). Propuesta de metodología para elaborar una investigación científica en el área de Administración de Negocios. *Pensamiento & Gestión*, *35*, 1-24.
- Palacios, E., Pomboza, M.D., & Radicelli, C. (2020). Análisis situacional y mapeo de actores clave en el desarrollo socio-económico de un destino turístico. *Revista Espacios*, *41*(1), 26-42.
- Rao, K., & Tilt, C. (2016). Board composition and corporate social responsibility: The role of diversity, gender, strategy and decision making. *Journal of Business Ethics*, *138*(2), 327-347.

- Rebs, T., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2019). System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking approach. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1265-1280.
- Regaliza, J.C.P., Gual, J.C., & Val, P.A. (2016). Simulación como herramienta de ayuda para la toma de decisiones empresariales. Un caso práctico. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 21, 188-204.
- Richards, G., Yeoh, W., Chong, A.Y.L., & Popovič, A. (2019). Business intelligence effectiveness and corporate performance management: an empirical analysis. *Journal of Computer Information Systems*, 59(2), 188-196.
- Sharma, M., Gupta, R., & Acharya, P. (2020). Prioritizing the critical factors of cloud computing adoption using multi-criteria decision-making techniques. *Global Business Review*, 21(1), 142-161.
- Starr, M.A. (2014). Qualitative and mixed-methods research in economics: surprising growth, promising future. *Journal of Economic Surveys*, 28(2), 238-264.
- Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538.
- Vera, A., & Villalón, M. (2005). La triangulación entre métodos cuantitativos y cualitativos en el proceso de investigación. *Ciencia & Trabajo*, 7(16), 85-87.
- Zhu, S., Jin, W., & He, C. (2019). On evolutionary economic geography: A literature review using bibliometric analysis. *European Planning Studies*, 27(4), 639-660.
- Shehatta, I., & Al-Rubaish, A.M. (2019). Impact of country self-citations on bibliometric indicators and ranking of most productive countries. *Scientometrics*, 120(2), 775-791.
- Kim, J., Kang, S., & Lee, K.H. (2021). Evolution of digital marketing communication: Bibliometric analysis and network visualization from key articles. *Journal of Business Research*, 130, 552-563.
- Wong, E.M., Ormiston, M.E., & Tetlock, P.E. (2011). The effects of top management team integrative complexity and decentralized decision making on corporate social performance. *Academy of Management Journal*, 54(6), 1207-1228.



Redes, conocimientos y capacidades en el contexto de la industria del software. Análisis del caso Bahía Blanca

DÍEZ, JOSÉ IGNACIO

Universidad Nacional del Sur (Argentina)

Correo electrónico: jdiez@uns.edu.ar

GIANNASI, NADIA

Universidad Nacional del Sur (Argentina)

Correo electrónico: ngiannasi@iiess-conicet.gob.ar

SCUDELATI, MARIELA

Universidad Nacional del Sur (Argentina)

Correo electrónico: mscudela@aol.com

RESUMEN

En las últimas décadas ha surgido a nivel mundial un creciente interés por los fundamentos micro y meso económicos de la competitividad. Diversos autores han diseñado enfoques que buscan explicar este fenómeno a partir del desarrollo de capacidades endógenas y relacionales por parte de las empresas. Las capacidades relacionales se ejercitan en contacto con otros agentes y permiten explotar adecuadamente los conocimientos y recursos que circulan por el ámbito de las redes. El presente trabajo analiza este tipo de competencias y los vínculos que existen entre las empresas de software de la ciudad de Bahía Blanca. La metodología utilizada para el estudio de este fenómeno es el análisis de redes sociales o ARS.

Palabras clave: redes; conocimientos, capacidades; software; Bahía Blanca.

Clasificación JEL: C45, D85, L86.

MSC2010: 15-99.

Network, knowledge and capabilities in the context of the software industry. Analysis of Bahía Blanca case

ABSTRACT

In recent decades, a growing interest in the micro and meso economic foundations of competitiveness has emerged worldwide. Many authors have seek to explain this phenomenon using approaches that rely on endogenous and relational capabilities of firms. Relational capabilities are exercised in contact with other agents and allow knowledge that circulate among networks to be properly exploited. This paper analyzes this type of entrepreneurial skills and the links that exist between software companies in the city of Bahía Blanca. The method used to study this phenomenon is social network analysis or SNA.

Keywords: networks; knowledge; capabilities; software; Bahía Blanca.

JEL classification: C45, D85, L86.

MSC2010: 15-99.



1. Introducción

En las últimas décadas ha surgido a nivel mundial un creciente interés por los fundamentos micro y meso económicos de la competitividad. Diversos autores de origen Schumpeteriano y Evolucionista han diseñado enfoques que buscan explicar este fenómeno a partir del desarrollo de competencias y habilidades por parte de las firmas.

Siguiendo a Pereira et al. (2015), la economía de la innovación provee sólidos argumentos respecto de la importancia de las capacidades tecnológicas y productivas de las empresas en sus posibilidades de innovar, crecer y alcanzar rentas extraordinarias. Estas competencias y habilidades se desarrollan a partir de los esfuerzos internos dirigidos a la creación de nuevos conocimientos y rutinas, pero también a través de las interacciones de las firmas con otras organizaciones del entorno.

Desde esta óptica, la innovación (y también la competitividad) no constituyen procesos aislados sino de carácter interactivo, lo que implica que no pueden ser analizados únicamente al interior de una empresa. Se trata de fenómenos sistémicos que emergen de las complementariedades tecnoeconómicas, sociales y ligadas al conocimiento, que se encuentran tanto al interior de las firmas como en el resto de las organizaciones (Cohen & Levinthal, 1990; Lundvall, 1992; Nelson, 1991).

En términos estrictamente teóricos, una empresa cuenta con dos tipos de capacidades: las endógenas y las relacionales, que se retroalimentan entre sí; éstas se construyen a partir del stock de recursos disponibles en cualquier compañía (personal, maquinarias, inmuebles, recursos de comunicación, factor empresario, etc.).

Por capacidades endógenas habría que entender aquellas tendentes a idear, planificar y conducir las actividades productivas, promover el desarrollo de nuevos productos y procesos o introducir cambios en la organización, con el propósito de fortalecer la inserción de los productos fabricados en los mercados (Yoguel, 2000).

Por su parte, por capacidades relacionales se entiende la habilidad de una firma para desarrollar vínculos, lazos e interactuar con el medio circundante, de tal forma de obtener conocimientos, información, nuevos recursos y desarrollar nuevas habilidades, activos que la empresa no estaría en condiciones de generar por sí misma (Diez, 2010).

Esta última tipología de capacidades resulta observable en forma indirecta, a través de los acuerdos o convenios que las mismas desarrollan con clientes y proveedores, las actividades de tercerización o subcontrataciones, la solicitud de servicios (tecnológicos, legales e impositivos, financieros, de capacitación, etc.) a organizaciones de apoyo y las iniciativas asociativas con otras firmas del rubro para comercializar o diseñar productos en forma conjunta, entre otras cuestiones relevantes.

En este sentido, la construcción de habilidades de vinculación y la conformación de redes resultan cruciales para el desenvolvimiento empresarial y constituyen elementos centrales de cualquier estrategia competitiva.

El presente artículo tiene como objetivo analizar precisamente capacidades relacionales, considerando específicamente los vínculos existentes entre las empresas correspondientes al sector de software y servicios informáticos (SSI) de la ciudad de Bahía Blanca.

Bahía Blanca constituye una ciudad-puerto de tamaño medio (300.000 habitantes), situada en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). La misma cuenta con un desarrollo industrial intermedio y dispone de una treintena de empresas vinculadas al sector SSI. Para este tipo de ciudades de tamaño medio, tradicionalmente especializadas en la producción de bienes con un menor contenido tecnológico, el crecimiento y expansión de este sector constituye una interesante vía de diversificación económico-productiva y de generación de empleo altamente calificado. En este sentido, estudiar el

comportamiento de las empresas del sector y su interacción a través de redes para la expansión (o no) del mismo, resulta un aspecto clave para el posible diseño de políticas públicas que potencien el desarrollo de la actividad.

Además, el estudio de este segmento de empresas y sus capacidades relacionales se justifica en razón de otros aspectos. En primer lugar, se trata de un sector en el que las redes de conocimiento e intercambios parecen a priori, muy relevantes para explicar la dinámica competitiva e innovadora (Salavisa et al., 2012). En segundo lugar, casi por definición, el funcionamiento de estas empresas es interactivo dado que el elevado nivel de customización de los productos finales requiere constantes interacciones entre usuarios y productores (Lundvall, 1992). En tercer lugar, los procesos de innovación y de aprendizaje entre las empresas del SSI requieren en gran medida de la generación y transmisión de conocimientos, que se producen a partir de la interacción de múltiples actores (Cowan et al., 1999).

Habida cuenta estas consideraciones, resulta de interés la realización de la presente investigación, que apunta a responder los siguientes interrogantes: ¿Existen vínculos de comunicación entre las empresas de software de la ciudad de Bahía Blanca? En caso de que estas comunicaciones existan, ¿qué estructura asumen tales redes y cuáles son los posicionamientos relativos de las empresas? ¿Qué tipo de conocimientos circulan por tales tramas? ¿Las empresas desarrollan estrategias asociativas entre sí? ¿Qué tipo de negocios conjuntos desarrollan?

El trabajo que presentamos se encuentra dividido en cuatro secciones. La primera sección constituye el marco teórico que da sustento a la investigación. Aquí se reseñan una serie de autores que integran el corpus teórico schumpeteriano y evolucionista. Este apartado da cuenta de la importancia de las capacidades de las firmas para el desarrollo tanto de la competitividad como de la innovación.

La segunda sección muestra diversos aspectos relativos a la metodología. En este apartado se detallan las características del trabajo de campo realizado y se explicita la técnica utilizada para el análisis de los datos relevados, denominada análisis de redes sociales o ARS. El ARS constituye un enfoque matemático que ayuda a explicar la complejidad inherente a las relaciones entre actores. En este método:

se describen y estudian las estructuras relacionales que surgen cuando diferentes organizaciones o individuos interactúan, se comunican, coinciden, colaboran, etc., a través de diferentes procesos o acuerdos: la estructura que emerge de tal interacción se traduce en la existencia de una red social. (Casas, 2003, p.23)

De este modo, una red constituye “un conjunto de lazos diádicos, todos del mismo tipo, entre una serie de actores, en donde un episodio constituye una relación social” (Borgatti et al., 2009, p.893).

En tercer lugar, se reflejan los resultados de la investigación. Aquí se presentan una serie de indicadores que permiten evaluar la transferencia de conocimientos e información entre las empresas y el desarrollo de negocios conjuntos entre dos o más firmas de aquellas oportunamente encuestadas. Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Marco teórico: capacidades, conocimientos y redes

El enfoque basado en los recursos, desarrollado por Penrose (1959) y, posteriormente, por la literatura del management (Wernerfeld, 1984), asigna a las capacidades un lugar central en el proceso de generación de ventajas competitivas. La literatura evolucionista y schumpeteriana retoma este enfoque para explicitar la aparición de la innovación como un proceso de generación y acumulación de capacidades, especialmente tecnológicas (Cohen & Levinthal, 1990; Nelson & Winter, 1982; Pisano & Teece, 1994).

En esta literatura, el concepto de capacidades se refiere a la adaptación, integración y reconfiguración de las habilidades organizacionales y los recursos internos y externos. Esto significa que en el proceso de construcción de capacidades, las organizaciones combinan conocimientos acumulados internamente con los adquiridos del exterior, lo que se realiza a través de esfuerzos explícitos para incorporar nuevas ideas (por ejemplo a través de la I+D) utilizando como vía vínculos formales e informales con otras entidades y la realización de actividades conjuntas.

Dado que este proceso resulta ser de carácter interno (endógeno) y relacional (ya que se realiza interactuando con otros) suele denominarse *proceso de construcción de capacidades dinámicas*. Además, el término dinámico alude a su perfil evolutivo, ya que se da a lo largo del tiempo (Bastanchury-López et al., 2020; Villaroel-Molina et al., 2021).

En este sentido, autores como Teece et al. (1997) definen a las capacidades dinámicas como “la capacidad de la empresa para integrar, construir y reconfigurar las competencias internas y externas para enfrentar un entorno cambiante. Capacidades que reflejan las habilidades de la organización para alcanzar nuevas e innovadoras formas de ventajas competitivas” (Teece et al., 1997, p. 516).

Existen en la literatura numerosos casos de estudio en los que las empresas a través de la construcción de capacidades de esta índole logran ser más innovadoras y competitivas. En este sentido, puede mencionarse a los denominados *distritos industriales marshallianos* (Marshall, 1919; Becattini, 1989) que constituyen un ejemplo típico de esta cuestión. Aquí la idea de capacidades endógenas y relacionales queda subsumida detrás de la noción de *Atmósfera industrial* (Marshall, 1919), es decir, la existencia de un clima de asociatividad y transparencia en ciertos regímenes tecno-productivos que permitiría generar y distribuir saberes específicos.

De este modo, puede encontrarse estudios de caso que rescatan la importancia de la acumulación y los intercambios de saberes en sectores tan disímiles como la industria textil, del calzado, maquinaria y equipo y, por supuesto, los intensivos en el uso del conocimiento como el software.

De acuerdo a Boscherini y Yoguel (1996), los conocimientos que las firmas buscan combinar con el propósito de innovar y mejorar su competitividad son de dos tipos: *codificados* y *tácitos*. Por *conocimientos codificados* se entiende aquellos que son de naturaleza fácilmente transmisible y que se encuentran incorporados en tecnologías y herramientas de gestión. Este tipo de ideas está habitualmente presente en libros, materiales, máquinas, componentes y productos finales, siendo su carácter transable y de acceso a través de mecanismos de mercado. Por su parte, los *conocimientos tácitos* no se encuentran expresados en lenguaje formal, son de carácter general, conductual o vincular e implican la capacidad para resolver problemas. Estas ideas suelen estar fuertemente influenciadas por el contexto (Mertens, 1996) y se adquieren en diversas situaciones como lugares de trabajo, asociaciones o intercambios informales de diversa índole.

La construcción de capacidades en la firma surgiría entonces a través de la combinación de estas dos clases de conocimientos, que permiten a posteriori desarrollar mecanismos de aprendizaje, que terminan traducándose en mejoras de competitividad e innovaciones, ya sea a través del diseño de nuevos productos, procesos o cambios organizacionales que repercuten en la eficiencia productiva.

Bajo esta lógica, las empresas pueden ser concebidas como sistemas de procesamiento de datos que atrapan y filtran los conocimientos que circulan por el ambiente, los procesan en términos de lo que han aprendido, los interpretan, los cambian y actúan sobre ellos (Morgan, 1986).

En esta línea argumental, Johnson y Lundvall (1994) profundizan los enfoques anteriores y desarrollan una nueva tipología, en la que distinguen cuatro tipos de conocimientos relacionados con su carácter tácito o codificado.

El conocimiento que denominan *Know What* (saber qué) puede asimilarse a lo que habitualmente se clasifica como hechos o información, mientras que el conocimiento llamado *Know Why* (saber por

qué) es de carácter científico y se refiere a los principios y leyes que gobiernan la naturaleza o el funcionamiento de las cosas. Ambos son en esencia de carácter codificado y pueden ser adquiridos en forma de libros, cursos, bases de datos y fuentes similares. Por su parte, los conocimientos que mencionan como *Know How* (saber cómo) y *Know Who* (saber quién) son de tipo tácito. El primero se refiere a la destreza que se adquiere a partir de la experiencia directa en las actividades productivas y de gestión y el segundo se vincula específicamente con los conocimientos desarrollados y mantenidos dentro de una firma o grupo.

Según Johnson y Lundvall (1994), las empresas pueden tener acceso a este tipo de conocimiento principalmente a partir de actividades propias de investigación y desarrollo o en forma secundaria, a través de la cooperación empresarial, las alianzas estratégicas o la demanda de servicios.

Respecto a este último punto, el establecimiento de acuerdos de cooperación, las actividades de subcontratación y los proyectos conjuntos constituyen mecanismos de intercambio de información, conocimientos y experiencias que redundan en una mejoría de las capacidades de la empresa, tanto de las relacionales como de las endógenas.

En esta línea argumental, Harrigan (1992) establece tres tipos de ventajas que pueden desarrollar las firmas a partir del trabajo cooperativo:

- a) Beneficios internos: riesgos compartidos, mejor información y prácticas; evita duplicación de esfuerzos. Genera externalidades.
- b) Beneficios competitivos: influencia sobre la evolución del sector y/o la economía que se trate. Mejor posicionamiento de los productos y diferenciación.
- c) Beneficios estratégicos: sinergias, transferencias de capacidades y de tecnología, posibilidades de diversificación.

Como resulta evidente en función de lo anteriormente mencionado, la construcción de capacidades constituye un fenómeno complejo, que descansa en forma importante en el acceso a redes por parte de las empresas: redes que faciliten los intercambios de toda índole (conocimientos tácitos, codificados, saberes e incluso recursos). Por lo tanto, el enfoque metodológico de redes sociales (Wasserman & Faust, 2013) contribuye a entender la relación micro-meso entre las capacidades y el entorno.

Sobre la base de este enfoque, el proceso de asignación y movilización de recursos para fortalecer la innovación y la competitividad es influido por el contexto en el que operan las empresas, no sólo en términos de calidad, cantidad y variedad de los conocimientos y demás elementos asequibles, sino también en términos de la naturaleza de las relaciones que se establecen y de la morfología del entorno, para el acceso a los mismos.

3. Metodología

Con el propósito de cumplimentar los objetivos de la presente investigación, se encuestó un total de 26 empresas del sector de software y servicios informáticos de la ciudad de Bahía Blanca; éstas constituyen un 80% del universo de firmas del sector existentes en la localidad. Para las actividades de relevamiento, se solicitó la colaboración del Polo Tecnológico de la ciudad, entidad que agrupa a la mayoría de las firmas radicadas en el distrito.

El cuestionario aplicado puso el foco en conocer los vínculos existentes entre las empresas encuestadas: 1º) Envío y recepción de conocimientos e información; 2º) Tipo de conocimientos enviados y recibidos; 3º) Proyectos o negocios conjuntos desarrollados por las firmas.

Previo a la realización de la encuesta se efectuaron actividades de sensibilización, con el propósito de difundir entre los empresarios los alcances del trabajo. Para el procesamiento de los datos, se utilizó la técnica de Análisis de Redes Sociales (ARS) o Social Network Analysis, que se aplicó a través de los softwares UCINET (Borgatti et al., 2002) y NETDRAW (Borgatti, 2002).

Esta técnica permite modelizar, utilizando álgebra matricial, los diferentes tipos de vínculos que desarrollan las empresas. A través de la técnica ARS se puede observar tanto la complejidad de la estructura de relaciones como los posicionamientos relativos de los actores dentro de la trama. Mediante un esquema de grafos, conformados por nodos y flechas, los vínculos existentes pueden visualizarse y existen diversos indicadores que permiten analizarlos a través de distintos puntos de vista: densidad, grado de centralidad, centralidad de cercanía, grado de intermediación y conjunto lambda o puentes. En la sección siguiente se explica en qué consiste cada uno de estos indicadores y se presentan sus resultados.

4. Principales resultados

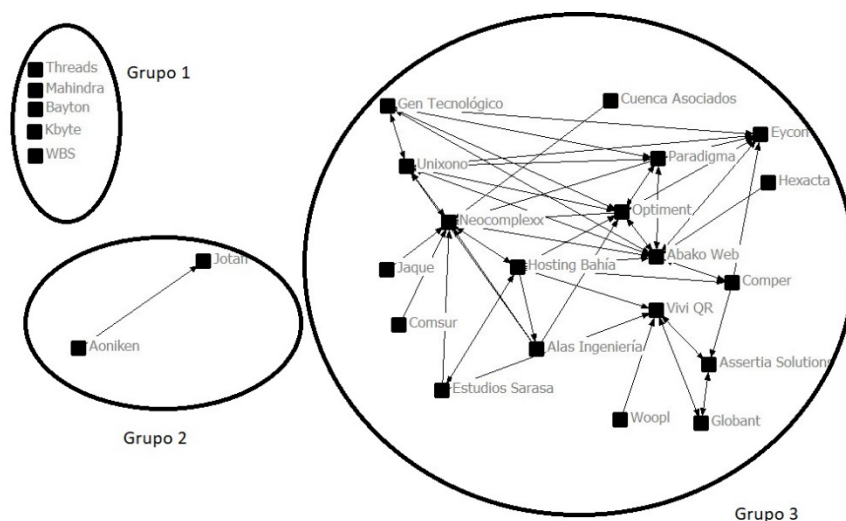
4.1. Análisis de la red de comunicaciones

Densidad

El tamaño de una red es un factor crítico para cualquier estructura de relaciones sociales, ya que los actores disponen de recursos y capacidades limitadas para construir y mantener lazos. La medida de densidad de una red muestra hasta qué punto el entramado alcanza su potencial máximo o situación de saturación, considerando la relación que existe entre cantidad de lazos presentes frente a la cantidad de lazos posibles.

Para nuestro caso de estudio, el total de lazos presentes entre las empresas de software de Bahía Blanca es de 68, sobre un total de 650 posibles, lo que arroja una densidad del 10,5%. Esta situación da cuenta de una importante cantidad de agujeros estructurales en el entramado analizado. El Gráfico 1 muestra cómo las empresas encuestadas envían y reciben información entre sí.

Gráfico 1. Comunicación entre las empresas de software de Bahía Blanca.



Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET y NETDRAW.

Del análisis del gráfico se desprende la presencia de tres grupos de empresas. En primer lugar, en la parte superior del mismo se puede observar un grupo de 5 compañías, que se encuentran completamente desconectadas del resto (grupo 1). Esto implica que no comparten conocimientos ni información con ninguna otra del entramado. En segundo lugar, se observa un grupo de dos actores que sólo realizan intercambios entre sí (grupo 2) y, finalmente, un grupo de 19 agentes, en donde se observan vínculos varios (grupo 3).

De acuerdo a la información suministrada por los entrevistados, por la red conformada circulan tanto conocimientos codificados como tácitos. En los concernientes al primer tipo se manifestó el envío de información técnica y comercial (*Know What* y *Know Why*) bajo el formato de libros digitales, links a páginas web y sitios oficiales, fundamentalmente a través de correo electrónico o redes sociales. También en el caso de los vínculos más estrechos, se observó la circulación de conocimientos tácitos (*expertise* específica fundamentalmente referida al uso de lenguajes computacionales o *Know How*) y también referencias personales en áreas específicas del conocimiento (*Know Who*).

Los vínculos conformados entre los empresarios se han originado en diversos espacios: la universidad (ya que muchos son egresados de la misma casa de estudios y han sido compañeros de clase), las comunidades de práctica (una parte importante de los encuestados integra el Polo Tecnológico de Bahía Blanca) y finalmente otros ámbitos como clubes y círculos de amistad, entre los más relevantes.

4.2. Grado de Centralidad

El grado de centralidad muestra el número de actores a los que una organización está directamente unido. De acuerdo a este enfoque, las empresas que tienen mayor cantidad de vínculos disponen de una posición ventajosa en la red, ya que pueden acceder a más conocimientos e información, satisfaciendo de esta forma un mayor número de necesidades. La Tabla 1 muestra la información sobre centralidad correspondiente al Gráfico 1.

Tabla 1. Grado de centralidad.

	Grados de salida	Grados de entrada	Normal Grados de salida	Normal Grados de entrada
Abako Web	8	9	32	36
Hosting Bahía	7	4	28	16
Paradigma	6	5	24	20
Optiment	6	7	24	28
Unixono	6	7	24	28
Gen Tecnológico	5	5	20	20
Eycon	5	6	20	24
Comper	4	2	16	8
Alas Ingeniería	3	1	12	4
Estudios Sarasa	3	1	12	4
Neocomplexx	3	10	12	40
Globant	2	2	8	8
Assertia Solutions	2	3	8	12

Vivi QR	2	5	8	20
Woopl	1	0	4	0
Cuenca Asociados	1	0	4	0
Hexacta	1	0	4	0
Aoniken	1	0	4	0
Jaque	1	0	4	0
Comsur	1	0	4	0
WBS	0	0	0	0
Threads	0	0	0	0
Kbyte	0	0	0	0
Jotafi	0	1	0	4
Mahindra	0	0	0	0
Bayton	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET.

En función de los datos relevados, la empresa que envía más información al resto es Abako Web con un total de 8 grados de salida; en orden de importancia las firmas que la siguen son Hosting Bahía con 7 y Paradigma, Optiment y Unixono con 6, respectivamente. Estos cinco actores pueden ser considerados como los más influyentes en el esquema de relaciones, por tratarse de aquellos que tienen más capacidad para diseminar conocimientos e información a lo largo de la trama.

En cuanto a los grados de entrada (organización que más recibe información), los actores más importantes son Neocomplexx con 10 vínculos, seguido de Abako Web con 9 y Optiment y Unixono con 7 contactos. Este último grupo de agentes puede considerarse como prestigioso o prominente dentro de la red.

El intento por parte del resto de compartir conocimientos con ellos puede ser interpretado como un acto de deferencia o reconocimiento de sus posiciones privilegiadas en la trama de relaciones. A continuación se muestra información estadística sobre el nivel meso y macro de la red.

Tabla 2. Estadísticas de nivel meso y macro Grado de Centralidad.

	Grados de salida	Grados de entrada	Normal Grados de salida	Normal Grados de entrada
Promedio	2,615	2,615	10,462	10,462
Desvío Estándar	2,435	3,089	9,740	12,358
Suma	68,000	68,000	272,000	272,000
Varianza	5,929	9,544	94,864	152,710
SSQ	332,000	426,000	5.312,000	6.816,000
MCSSQ	154,154	248,154	2.466,461	3.970,461
Euc Norm	18,221	20,640	72,883	82,559

Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo	8,000	10,000	32,000	40,000
N of Obs	26,000	26,000	26,000	26,000

Centralización de la red (envío de información): 22,400%
Centralización de la red (recepción de información): 30,720%

Fuente: Elaboración propia en base a UCINET.

De acuerdo a la información de la tabla, puede observarse que en promedio los actores tienen un total de 2 lazos de entrada (envío de información) y salida (recepción de información) respectivamente, siendo el desvío estándar también de 2 para ambos casos. Este valor muestra que existen actores que no desarrollan actividades de comunicación con el resto.

Por su parte, el valor máximo de lazos de salida es de 8 mientras que el de entrada es de 10. Finalmente, las medidas de centralización de grafo de Freeman muestran valores poco significativos (22% y 30%), lo que indica que no existen actores que concentren un número muy importante de relaciones.

4.3. Centralidad de Cercanía

La medida grado de centralidad muestra sólo los vínculos inmediatos o lazos directos que tiene cada actor y no considera los contactos que una empresa puede establecer en forma indirecta; es decir, aquellos que se producen utilizando otro actor como puente.

Esta última tipología de contacto resulta de importancia en la medida que los agentes hacen circular información o conocimientos de terceros por el ámbito de la red. El enfoque de centralidad de cercanía, a diferencia de la medida grado de centralidad, no enfatiza la naturaleza del vínculo que une a los agentes, sino que hace hincapié en la distancia de un actor a otro, concentrándose en la distancia geodésica, es decir, la ruta más corta que un actor debe seguir para llegar a otro nodo.

Los resultados de la centralidad de cercanía se presentan a continuación.

Tabla 3. Centralidad de Cercanía.

	Cercanía de entrada	Cercanía de salida
Vivi QR	11,211	4,167
Assertia Solutions	10,870	4,167
Globant	10,504	4,167
Neocomplexx	8,224	7,418
Abako Web	8,197	7,553
Unixono	8,143	7,396
Hosting Bahía	8,065	7,553
Optiment	8,065	7,396
Eycon	8,013	7,375
Gen Tecnológico	7,987	7,375
Paradigma	7,987	7,396

Comper	7,911	7,485
Alas Ingeniería	7,764	7,310
Estudios Sarasa	7,740	7,396
Jotafi	4,000	3,846
Cuenca Asociados	3,846	7,692
Hexacta	3,846	7,837
Woopl	3,846	4,333
Threads	3,846	3,846
WBS	3,846	3,846
Comsur	3,846	7,692
Jaque	3,846	7,692
Kbyte	3,846	3,846
Aoniken	3,846	4,000
Mahindra	3,846	3,846
Bayton	3,846	3,846

Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET.

El análisis de los datos muestra que hay un número bastante importante y significativo de actores cercanos al resto por grado de salida. En valores superiores a los 7 caminos geodésicos se encuentran 15 actores, destacándose los casos de Hexacta y luego Jaque, Comsur y Cuenca Asociados (7,692 cada uno respectivamente). Esto significa que hay un número importante de empresas que podría hacer uso de contactos en forma indirecta para explotar la red de manera más adecuada. En este sentido, podrían enviar conocimientos e información a actores alejados, utilizando otro actor como puente. Esto resulta evidente para el caso de los 19 actores que integran el grupo 3.

Por otro lado, en el caso de la cercanía por grados de entrada, se destacan como actores más relevantes ViVi QR, Assertia Solutions y Globant, registrándose en todos los casos una suma de distancias geodésicas superior a 10. A continuación se muestran las estadísticas descriptivas de la red.

Tabla 4. Estadísticas de nivel meso y macro Centralidad de Cercanía.

	Cercanía de entrada	Cercanía de salida
Mínimo	3,846	3,846
Promedio	6,423	6,018
Máximo	11,211	7,837
Suma	166,988	156,478
Desviación Estándar	2,528	1,743
Varianza	6,391	3,038
SSQ	1.238,663	1.020,732
MCSSQ	166,169	78,990
Distancia Euclídea Norm	35,195	31,949
Observaciones	26	26

Datos perdidos	0	0
Desviación (n-1)	2,578	1,778
Varianza (n-1)	6,647	3,160
Valores Binarios	0	0
Valores Negativos	0	0
Valores Integrados	0	0
Peso Obs	26	26
Positivos	26	26
Valor Positivo g	6,423	6,018

Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET.

La información disponible muestra que el valor promedio de cercanía por lazo de entrada y de salida es de 3 caminos geodésicos, siendo los valores máximos de 11 y 7 respectivamente. Debido a que hay actores que no registran conexiones con el resto, no puede calcularse medidas globales de centralidad para este indicador.

4.4. Grado de intermediación

La importancia que un actor tiene en una red puede deberse a su capacidad para controlar la comunicación entre las diversas organizaciones. La medida de grado de intermediación intenta captar este fenómeno, considerando todos los caminos geodésicos posibles entre los pares de nodos existentes en una red.

Tabla 5. Grado de Intermediación.

	Grado de intermediación	Normal Grado de intermediación
Hosting Bahía	59,083	9,847
Abako Web	58,833	9,806
Neocomplexx	54,583	9,097
Vivi QR	16,033	2,672
Comper	14,500	2,417
Unixono	10,817	1,803
Optiment	5,067	0,844
Assertia Solutions	4,500	0,750
Eycon	1,833	0,306
Paradigma	0,500	0,083
Alas Ingeniería	0,250	0,042
Woopl	0,000	0,000
Threads	0,000	0,000
Hexacta	0,000	0,000
Jaque	0,000	0,000
Cuenca Asociados	0,000	0,000

Globant	0,000	0,000
Aoniken	0,000	0,000
Estudios Sarasa	0,000	0,000
WBS	0,000	0,000
Comsur	0,000	0,000
Gen Tecnológico	0,000	0,000
Kbyte	0,000	0,000
Jotafi	0,000	0,000
Mahindra	0,000	0,000
Bayton	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET.

De acuerdo a la información suministrada por la tabla, la empresa con mayor grado de intermediación en la red analizada es Hosting Bahía, que se encuentra en 59 caminos geodésicos; lo siguen Abako Web y Neocomplexx, respectivamente. Estos tres agentes disponen de un cierto poder en la red, ya que tienen la habilidad de controlar la información y el conocimiento que circula a lo largo y ancho de la misma, especialmente dentro del grupo denominado 3 (integrado por 19 actores).

En términos porcentuales, estos tres actores (Hosting Bahía, Abako Web y Neocomplexx) controlan cada uno el 9% de la información que circula a través de la red, permitiéndoles actuar como intermediarios o facilitadores entre agentes alejados en términos comunicacionales.

Por otro lado, existe una importante variabilidad en la capacidad de negociación o mediación entre los agentes del entramado, la cual fluctúa entre 0 y 9% respectivamente. La Tabla 6 muestra las estadísticas descriptivas sobre intermediación en la red.

Tabla 6. Estadísticas de nivel meso y macro Grado de intermediación.

	Grado de intermediación	Normal Grado de intermediación
Promedio	8,692	1,449
Desviación estándar	18,188	3,031
Suma	226,000	37,667
Varianza	330,807	9,189
SSQ	10.565,454	293,485
MCSSQ	8.600,992	238,916
Normal Euclídea	102,788	17,131
Mínimo	0,000	0,000
Máximo	59,083	9,847
N de Obs	26,000	26,000

Índice de centralización de la red = 8,73%

Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET.

La intermediación promedio por actor es de 8 caminos geodésicos, existiendo también una importante variabilidad (desvío estándar igual a 18; mínimo 0 y máximo 59). De acuerdo a la

información suministrada por el programa, la centralidad de la red es significativamente baja (8,73%), pese a existir un importante desvío estándar. Esta situación evidencia la ausencia de actores claramente centrales, capaces de articular la totalidad de la red, es decir los grupos 1, 2 y 3 respectivamente.

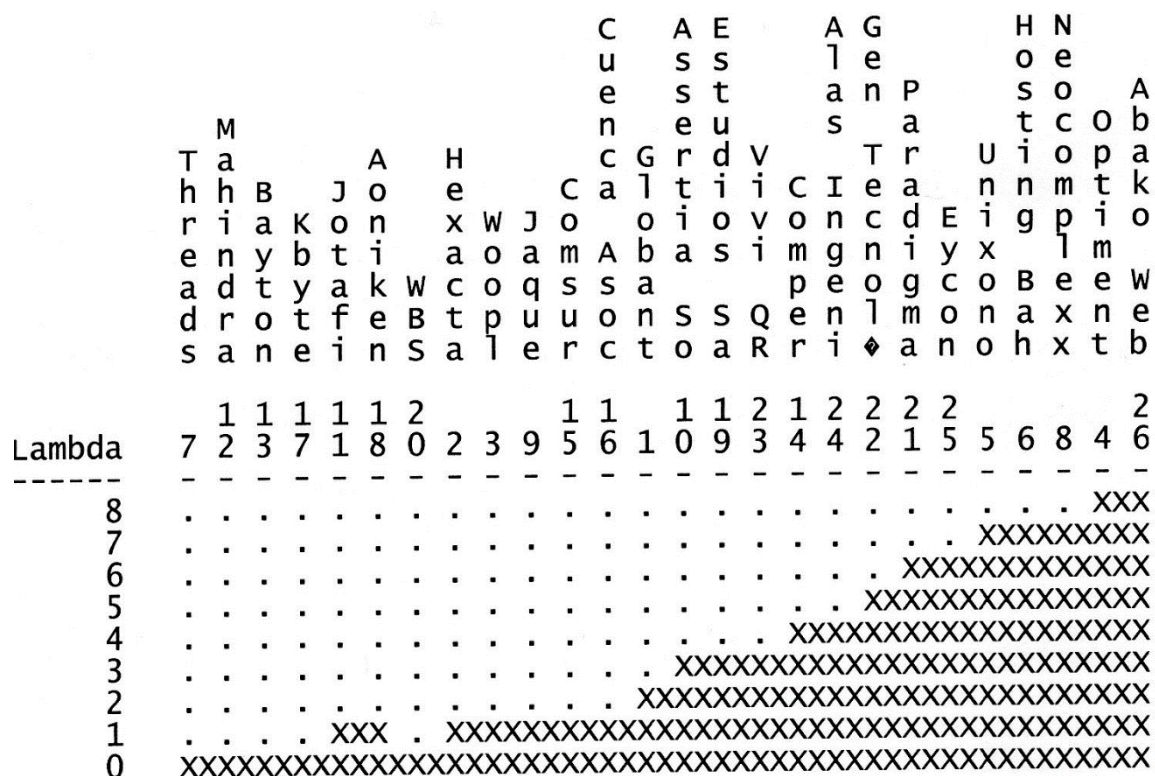
4.5. Conjunto Lambda y Puentes

Un enfoque alternativo a aquel basado en los actores consiste en centrar el análisis en los flujos de información o conexiones que existen en el entramado analizado. Esta postura es equivalente a preguntarse si hay ciertas relaciones claves en la trama, en contraposición a si existen ciertos agentes claves en la red.

El enfoque del conjunto lambda aborda precisamente esta cuestión ordenando cada relación en la red en términos de su importancia, es decir, a partir de la valoración del flujo de contactos que pasa a través de cada nexo.

Este mecanismo permite identificar el conjunto de actores que, si fuesen desconectados de la red, perturbarían significativamente el sistema de relaciones. Los resultados del enfoque del conjunto lambda se presentan a continuación.

Gráfico 2. Conjunto Lambda y Puentes.



Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET.

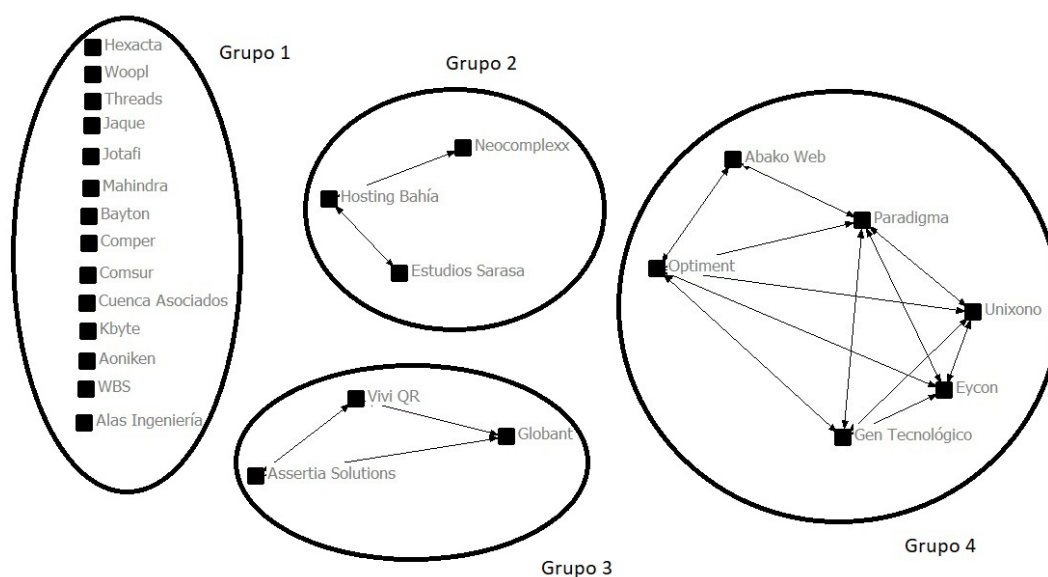
Los datos muestran que si excluyéramos de la red a los actores Optiment y Abako Web ésta se perturbaría enormemente, ya que transportan una gran cantidad de información. Esto resulta evidente cuando se observa el tráfico registrado en el grupo 3. Aquí puede verse a varias empresas que se conectan con el resto a través de vínculos con estos dos actores. Menos críticos, pero jugando un papel también de importancia en el tráfico de información aparecen las empresas Neocomplexx, Hosting

Bahía y Unixono. Estas organizaciones parecen ser una especie de círculo externo al núcleo más duro de relaciones.

4.6. Proyectos o negocios conjuntos

La conformación de negocios en forma conjunta entre empresas constituye un estadio superior de comunicación, en el que las firmas afianzan compromisos y establecen una transferencia mucho más significativa y fluida de conocimientos entre sí. En este sentido, supone un salto cualitativo en el desarrollo de capacidades relacionales, porque implica la habilidad de planificar, organizar y realizar tareas de modo asociativo. El Gráfico 3 muestra precisamente los vínculos de esta naturaleza entre las empresas de software de la ciudad de Bahía Blanca.

Gráfico 3. Proyectos o negocios conjuntos entre empresas.



Fuente: Elaboración propia a partir de UCINET y NETDRAW.

De acuerdo a la información suministrada por las encuestas, sólo 12 empresas manifestaron desarrollar un negocio en forma conjunta con otro actor (46% del total de la muestra). Específicamente se registraron 7 iniciativas conjuntas: 2 vinculadas al hosting de sitios web, una actividad de consultoría informática, una de ingeniería informática, una aplicación para el celular, un sistema de gestión de reclamos y un parquímetro.

Sobre estas 12 firmas que desarrollan proyectos en conjunto, existen un total de 5 (Eycon, Paradigma, Hosting Bahía, Abako y Optiment) que desarrollan dos iniciativas. Por su parte, hay un total de 14 firmas (Hexacta, Woopl, Threads, Jaque, Jotafi, Mahindra, Bayton, Comper, Comsur, Cuenca Asociados, Kbyte, Aoniken, WBS y Alas Ingeniería) que manifiestan no desarrollar articulaciones en post de generar nuevos negocios.

El índice de efectividad (Diez & Pong, 2021) que mide el cociente entre negocios conjuntos y vínculos de comunicación es del 10,29% (Índice de efectividad: $(\text{Proyectos conjuntos (PC)} / \text{Vínculos de comunicación (VC)}) * 100 = (7/68) * 100 = 10,29\%$), lo que implica que sólo un 10% de los contactos establecidos entre las empresas logró materializarse en iniciativas de esta envergadura.

A su vez, una atenta lectura del gráfico permite reconocer la presencia de tres subgrupos de interacción en base a proyectos (grupos 2, 3 y 4): dos integrados por tres actores y uno integrado por 6 agentes. De acuerdo a la densidad de vínculos, este último (grupo 4) parece evidenciar mayor dinamismo.

5. Conclusiones

En el contexto de la economía actual, la competitividad y los procesos de innovación han dejado de ser fenómenos individuales para transformarse en aspectos colectivos, donde cobra relevancia la habilidad de cooperar e interactuar. En este marco, el desarrollo de competencias relacionales resulta fundamental, ya que integrarse a redes permite a las empresas obtener conocimientos e información y acceder a nuevos recursos, activos que la firma no estaría en condiciones de generar por sí misma.

En el caso de las compañías de software y servicios informáticos de Bahía Blanca puede observarse que las mismas no han logrado integrarse en tramas verdaderas significativas. Según la información suministrada por éstas, la densidad de la red de comunicaciones arrojó un valor de 10,5%, evidenciando la existencia de numerosos agujeros estructurales en el entramado analizado, que limitan la potencialidad de los intercambios. De hecho, existe un grupo de 5 compañías que se encuentra completamente desvinculada del resto.

De acuerdo a lo manifestado en las encuestas, los vínculos conformados entre los empresarios se han originado en ámbitos diversos: universidad, comunidades de práctica y espacios de socialización, registrándose la circulación de conocimientos tanto tácitos como codificados.

Del total de vínculos registrados en materia de comunicación, han surgido 7 iniciativas conjuntas, lo que implica que sólo un 10% de los contactos establecidos han logrado materializarse en acciones de relevancia. Estas acciones incluyeron el hosting de sitios web, actividades de consultoría e ingeniería informática, una aplicación para un celular, un sistema de gestión de reclamaciones y un parquímetro, siendo este último el proyecto de mayor envergadura y complejidad.

Un análisis más detallado de la trama considerada permite reconocer la existencia de ciertos actores que ocupan posiciones centrales en el entramado. En primer término, se destaca el caso de Abako web. Esta empresa cuenta con valores altos en el envío y en la recepción de información y controla el 9% de los conocimientos que circulan entre los agentes que integran la red de comunicaciones correspondiente al grupo denominado 3. A su vez, el enfoque de conjunto Lambda muestra que una parte importante del tráfico de conocimiento en información circulante utiliza a este agente como puente.

Esta empresa también parece ser de las más eficientes en la utilización de los conocimientos y recursos que circulan a lo largo del sistema, ya que ha logrado materializarlos en dos proyectos en conjunto con otras empresas de la trama. En este sentido, muestra mayores capacidades relacionales que la mayoría de las compañías encuestadas.

Abako podría ser considerado como un agente articulador y un guardián tecnológico, por su habilidad para desarrollar vinculaciones y oficiar como difusor de conocimiento. En menor escala también sería el caso de Hosting Bahía y Optiment, respectivamente.

En el caso de Hosting Bahía, la firma dispone de un grado de centralidad de salida alto, una elevada capacidad de intermediación y participa también en dos proyectos conjuntos. Por su parte, Optiment cuenta con un número importante de grados de entrada y salida, situación que la posiciona como relevante en el indicador de conjunto Lambda-Puentes y participa en negocios comunes con otros agentes.

A modo de cierre, vale la pena señalar que cualquier iniciativa de política pública que busque mejorar la capacidad de innovación y la competitividad de este grupo de empresas a través del uso de redes, deberá considerar el papel que juegan estos tres actores en el entramado existente e intentar potenciarlo. A su vez, deberá trabajar para lograr articular en iniciativas y proyectos a la gran cantidad de empresas que hoy carecen de programas de acción conjunta.

Financiación

El artículo ha sido financiado con fondos del proyecto de investigación (PGI) “Estrategias de Innovación, Competitividad y Desarrollo Económico en Ciudades Pequeñas y Medias de Argentina” correspondiente a la Universidad Nacional del Sur.

Referencias

- Bastanchury-López, M.T., De-Pablos-Heredero, C., Montes-Botella, J.L., Martín-Romo- Romero, S., & García, A. (2020). Impact of dynamic capabilities on performance in dairy sheep farms in Spain. *Sustainability*, 12(8), 3368.
- Becattini, G. (Ed.). (1989). *Modelli locali di sviluppo* (p. 231). Bologna: Il Mulino.
- Borgatti, S.P. (2002). *NetDraw: Graph visualization software*. Cambridge, MA: Analytic Technologies.
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., & Freeman, L.C. (2002). Ucinet for Windows: Software for social network analysis. *Harvard Analytic Technologies*, 6, 12-15.
- Borgatti, S.P., Mehra, A., Brass, D.J., & Labianca, G. (2009). Network analysis in the social sciences. *Science*, 323(5916), 892-895.
- Boscherini, F. & Yoguel, G. (1996). La capacidad innovativa y el fortalecimiento de la competitividad de las firmas: el caso de las pymes exportadoras argentinas. (Documento de Trabajo CEPAL N° 71) Buenos Aires: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Casas, R. (2003). Enfoque para el análisis de redes y flujos de conocimiento. En *Itinerarios del conocimiento: formas dinámicas y contenido: un enfoque de redes* (pp. 19-50). Anthropos.
- Cohen, W.M., & Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 35(1), 128-152.
- Cowan, R., David, P.A., & Foray, D. (2000). The explicit economics of knowledge codification and tacitness. *Industrial and corporate change*, 9(2), 211-253.
- Diez, J.I. (2010). *Desarrollo endógeno en Bahía Blanca: empresas, organizaciones y políticas públicas*. Bahía Blanca: Ediuns.
- Diez, J.I. & Pong, C. (2021). Redes institucionales y desarrollo económico en ciudades pequeñas: los casos de General Acha y Pigué. *Revista Pilquén. Sección Ciencias Sociales*, 24(1), 48-69.
- Harrigan, K. (1992). *Joint venture*. Buenos Aires: Tesis-Norma.
- Johnson, B., & Lundvall, B.A. (1994). Sistemas nacionales de innovación y aprendizaje institucional. *Comercio exterior*, 44(8), 695-704.

- Lundvall, B.A. (1992). *User-Producer relationships, national systems of innovation and internationalisation*. En B.A. Lundvall (Ed.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- Marshall, A. (1919). *Industry and trade*. London: MacMillan.
- Mertens, L. (1996). *Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos*. Montevideo, Uruguay: Cinterfor.
- Morgan, G. (1986). *Imágenes de las organizaciones*. México DF: Alfaomega.
- Nelson, R.R. (1991). The role of firm differences in an evolutionary theory of technical advance. *Science and public policy*, 18(6), 347-352.
- Nelson, R.R. & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford: Oxford University Press.
- Pereira, M., Barletta, M.F., & Suárez, D. (2015). El rol de las vinculaciones en el desarrollo de las capacidades de la firma. Un análisis de redes sociales de la industria del software en Argentina. *Pymes, Innovación y Desarrollo*, 3(2), 3-21.
- Pisano, G., & Teece, D. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3), 537-556.
- Salavisa, I., Sousa, C., & Fontes, M. (2012). Topologies of innovation networks in knowledge-intensive sectors: Sectoral differences in the access to knowledge and complementary assets through formal and informal ties. *Technovation*, 32(6), 380-399.
- Teece, D.J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Villaroel-Molina, O., De Pablos-Herederó, C., Barba, C., Rangel, J. & García, A. (2021). The Importance of Network Position in the Diffusion of Agricultural Innovations in Smallholders of Dual-Purpose Cattle in Mexico. *Land*, 10(4), 401.
- Wasserman, S., & Faust, K. (2013). *Análisis de redes sociales. Métodos y aplicaciones*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171-180.
- Yoguel, G. (2000). Creación de competencias en ambientes locales y redes productivas. *Revista de la CEPAL*, 71(1), 105-119.



Balance sectorial utilizando modelos matemáticos. Aplicación en Cuba

MORENO GARCÍA, ROBERTO RENÉ

Universidad de Oriente (Cuba)*

Correo electrónico: rrmg@uo.edu.cu

PARRA PÉREZ, KATIA MARÍA*

Correo electrónico: kparra@uo.edu.cu

MORENO PARRA, RODOLFO ROBERTO

Universidad de la Habana (Cuba)

Correo electrónico: randy.mp98@instec.cu

PACHECO FERIA, ULISES*

Correo electrónico: upacheco@uo.edu.cu

NIETO COLUMBIÉ, JOSÉ DANIEL*

Correo electrónico: jose.nieto@uo.edu.cu

SOULARY CARRACEDO, VÍCTOR SALVADOR

Universidad Carlos III de Madrid (España)

Correo electrónico: vsoulary@emp.uc3m.es

PIEDRA-MUÑOZ, LAURA

Universidad de Almería (España)**

Correo electrónico: lapiedra@ual.es

GALDEANO GÓMEZ, EMILIO**

Correo electrónico: galdeano@ual.es

RESUMEN

El artículo tiene como objetivo analizar los desbalances o desequilibrios sectoriales en la producción de bienes y servicios, identificados en la estructura productiva de Cuba, siguiendo una metodología que incluye la modelización matemática. Se diseñan y aplican modelos econométricos y de programación por metas (GP) para evaluar la importancia relativa, estimar y resolver los desequilibrios entre los sectores económicos de destinos intermedio y final de la economía cubana. Lo que posibilita el diseño de políticas públicas enfocadas a la mejora de la complementariedad e integración económica; aspecto relevante en el proceso de actualización del modelo económico y social cubano, refrendado en los documentos gubernamentales que rigen la reforma económica emprendida en 2011. Se aplica la metodología en la provincia de Santiago de Cuba, donde se estimaron desequilibrios sectoriales e identificaron reservas de capacidades productivas de bienes y servicios por 42.500 millones de pesos para equilibrar los desbalances, lo que puede contribuir a la toma de decisiones de inversión en el marco de la estrategia de desarrollo económico y social del país hasta 2030.

Palabras clave: balance sectorial; econometría; programación por metas.

Clasificación JEL: C01, C02, D58, E22.

MSC2010: 62P20, 91B66, 90C29.

Artículo recibido el 10 de julio de 2021 y aceptado el 10 de mayo de 2022.

Sectorial balance using mathematical models. Application in Cuba

ABSTRACT

The objective of the paper is to equilibrate the sectorial imbalances of the production of goods and services, identified in the Cuban productive structure, following a methodology that includes mathematical modeling. Econometric and goal programming (GP) models are designed to assess the relative importance, to estimate and to solve the imbalances between the intermediate and final destination in economic sectors of the Cuban economy. This makes it possible to design public policies focused on improving economic complementarity and integration, a relevant aspect in the process of updating the Cuban economic and social model, endorsed in the government documents governing the economic reform undertaken since 2011. As a result, the methodology is applied in the province of Santiago de Cuba, where sectorial imbalances were estimated and productive capacities reserves of goods and services by 42.500 million pesos were identified to equilibrate the imbalances, which can contribute to investment decision-making within the framework of the country's economic and social development strategy until 2030.

Keywords: sectorial balance; econometric; goal programming.

JEL classification: C01, C02, D58, E22.

MSC2010: 62P20, 91B66, 90C29.



1. Introducción

La estructura productiva de un país o región está definida por aquellas actividades que determinan la producción de bienes y servicios. La misma usualmente suele dividirse, para su organización y estudio, en tres sectores: sector primario o extractivo, el sector secundario o manufacturero y el sector terciario o de servicios (Mendoza, 2020; Junior, et al., 2020).

En los países de América Latina, el modelo económico de desarrollo mantiene una estructura productiva de Modelo Primario Exportador (MPE), sustentada en la exportación de materias primas básicas con poco valor agregado y menor precio y la importación de bienes y servicios elaborados con mayor valor agregado a mayores precios (Primera, 2013; Bárcena, Prado & Abeles, 2015).

Informaciones del Anuario Estadístico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) muestran que la región de América Latina y el Caribe, en 2018 experimentó un incremento en la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de 1,3%, a la vez que un desequilibrio en su Balanza de Pagos, con un déficit en la Balanza de Bienes y Servicios de -26.769,5 millones de dólares, consistente con una economía subdesarrollada y dependiente (CEPAL, 2019).

La anterior situación regional se ha visto agravada por la actual crisis global ocasionada por la pandemia de la COVID-19, lo que provocará afectaciones que superan las crisis económicas internacionales de la década del 30, la de la postguerra del pasado siglo y la crisis inmobiliaria de 2008 (CEPAL, 2020a).

Sobre la base de estimaciones de los efectos de los procesos actuales, para los países de la región se estima una caída promedio del PIB del 9,1% en 2020, con disminuciones del 9,4% en América del Sur, el 8,4% en Centroamérica y México, y el 7,9% en el Caribe. En el caso de Cuba, la misma fuente pronosticó una disminución del 8,0 % del PIB (CEPAL, 2020b).

En este contexto, la provincia de Santiago de Cuba, considerada como una de las más importantes del país desde los puntos de vista económico y social, tiene una extensión territorial de 6.156,44 km² que la ubica en el sexto lugar en extensión en el país, con una población de 1.049.256 habitantes (Hab), de ellos 423.151 Hab laboralmente activos y 408.361 Hab ocupados para una tasa de ocupación del 96,5%, con una producción de bienes y servicios de 4.868,71 Millones de Pesos (MMP) en 2018 (ONEI, 2019c).

Esta problemática general sustenta la pertinencia de esta investigación, orientada a evaluar la importancia relativa y complementariedad de los sectores de la estructura productiva en Cuba, aplicada a la provincia Santiago de Cuba, identificar posibles desequilibrios inter sectoriales teniendo en cuenta el destino de las producciones de bienes y servicios (PBS); determinar las reservas de capacidades de PBS y los valores óptimos que equilibren los desbalances, que pudieran considerarse para decidir futuras inversiones en el territorio, que contribuyan al cumplimiento de la estrategia de desarrollo económico y social del país hasta 2030 (De Cuba, 2020).

2. Fundamentación teórica

La estructura productiva está definida por aquellas actividades y sus relaciones, en las cuales recae la actividad productiva y de servicios del país. La complejidad, importancia y desempeño de la estructura productiva están determinados fundamentalmente por el desarrollo tecnológico, económico y social alcanzado por el país, lo que permite transformar el tejido productivo para alcanzar una relativa autosuficiencia, lo que depende en gran medida del modelo económico de desarrollo adoptado (Primera, 2013; Utkovski et al., 2018).

El desarrollo de un país está estrechamente relacionado con la estructura productiva de su economía. Esta abarca desde la importancia relativa de las diferentes ramas productivas hasta las características institucionales, pasando por aspectos geográficos y de política económica (Primera, 2013; Utkovski, et al., 2018; Junior et al., 2020; Mendoza, 2020).

Un enfoque sistémico de la estructura productiva permite identificarla como el conjunto de interacciones entre los distintos actores económicos y sociales que utilizan los recursos que tienen a su disposición los países para llevar adelante las actividades productivas; de estas interacciones se derivan los encadenamientos productivos y las relaciones sociales resultantes del proceso de creación de riqueza. Por lo que desarrollar la estructura productiva en un país, implica identificar nuevas formas de producción, distribución y cambio en los patrones productivos y de consumo.

En este sentido, los gobiernos deben orientar y priorizar sus políticas públicas a la conformación de nuevas industrias, la promoción de sectores con alta productividad, competitivos, sostenibles y diversos que se complementen (Ocampo, 2008; Primera, 2013; Utkovski, et al., 2018).

2.1. El cambio de la estructura productiva para propiciar el desarrollo

Según Prebisch (2012), en los países de la “periferia”, consecuencia del Modelo Primario Exportador (MPE), la diversificación productiva es casi nula, se observa una gran heterogeneidad tecnológica, asimetrías regionales; y la especialización solo existe en algunas actividades (sector exportador), contribuyendo a que estos países, muestren una estructura productiva deformada y dependiente, susceptible de ser distorsionada fácilmente.

Además de Prebisch, Ocampo (2008) sostuvo que para alcanzar el desarrollo es necesario programarlo con la participación del Estado como orientador, promotor y planificador del desarrollo; de esta manera el proceso de desarrollo se alcanza superando la deformación estructural, con una intervención deliberada del Estado sustentada en la aplicación de políticas públicas priorizadas para transformar la estructura productiva.

Para su análisis, el cambio de la estructura productiva puede ser abordado desde tres formas diferentes. La primera sería estudiar la participación de los sectores primario, secundario y terciario en el Producto Interno Bruto total. La segunda, comprende vincular la estructura de la producción, basada en el valor agregado, con la dotación de factores: disponibilidad de trabajo, de capital, el factor organizacional y los recursos naturales. La tercera está relacionada con el estudio de la estructura de producción, interpretándola según la composición de la demanda o de las fuentes y asignación de recursos.

Debido a las limitaciones de las fuentes estadísticas en Cuba, se utilizará una estrategia de evaluación y equilibrio de tipo *non survey*, que requiere menor cantidad de datos y detalles en cuanto al comportamiento de variables clave como oferta y demanda de bienes y servicios, precios relativos y empleo, pero que mantiene la consistencia interna y posibilita la racionalidad y representatividad del modelo a nivel territorial. El modelo contiene elementos de la primera y tercera forma (expuestas en el párrafo anterior), por cuanto se modela la asignación de recursos de los sectores de destino final a los de destino intermedio, a fin de dinamizar la estructura productiva hacia un equilibrio que favorezca los encadenamientos productivos y la complementariedad intersectorial.

2.2. Los encadenamientos productivos, transformadores de la estructura productiva

En el desempeño de la estructura productiva cobran una vital importancia los encadenamientos productivos, que constituyen secuencias de decisiones de inversión que se originan durante los procesos de industrialización que caracterizan el desarrollo económico de un país o región (Hirschman, 1998). La teoría de los encadenamientos productivos hacia atrás (*backward linkages*) y hacia delante (*forward linkages*) procura mostrar cómo y cuándo la producción de un sector es suficiente para satisfacer el

umbral mínimo o escala mínima necesaria para hacer atractiva la inversión en otro sector que éste abastece o procesa (Hirschman, 1998).

En este sentido, uno de los elementos más importantes en la transformación de la estructura productiva son los encadenamientos productivos que expresan las dinámicas de relación entre los sectores, con el fin de identificar las actividades económicas con potencialidades para transformarse en ejes dinamizadores del crecimiento.

2.3. Los sectores económicos en la estructura productiva

En las ciencias económicas, generalmente se reconocen tres sectores económicos; el sector primario que incluye la agricultura, la minería y otras industrias de recursos naturales; el sector secundario que cubre la fabricación (manufactura), ingeniería y construcción; y un sector terciario para las industrias de servicios (Kenessey, 1987; Rosenberg, 2007).

Desde otro punto de vista, los sectores económicos se pueden clasificar teniendo en cuenta los sentidos direccionales de sus encadenamientos productivos predominantes (hacia atrás y hacia delante) y los niveles de oferta y demanda de sus procesos y cadenas productivas, incluyendo los sectores clave (Boundi, 2016).

Según Schuschny (2005) y Mendoza (2020), fundamentados en estudios de Chenery y Watanabe de 1958, determinados sectores tienen efectos específicos sobre los demás por los encadenamientos productivos, el valor agregado que generan y el destino de sus producciones, que tienen las siguientes características:

Sectores no manufactureros de destino intermedio

A este sector pertenecen algunas actividades del sector primario intermedio como la minería y otras actividades extractivas, las que se caracterizan por: una baja demanda por insumos; el destino de su producción es más bien satisfacer cantidades sustantivas de demanda de otros sectores de insumos de uso intermedio con bajo valor agregado. Estos sectores poseen altos encadenamientos hacia delante y bajos hacia atrás y predominan en la estructura económica de países en desarrollo.

Sectores no manufactureros de destino final

A estos sectores pertenecen algunas actividades de los sectores primario y terciario como la agricultura, la minería y otras actividades extractivas y de servicio; determinan la estructura económica de regiones o países subdesarrollados. Se caracterizan por tener ofertas que satisfacen la demanda final con bajo valor agregado, compran significativamente pocos insumos a los demás sectores. Son sectores aislados, que no provocan efectos de arrastre significativos, ni un relevante efecto multiplicador, y presentan bajos encadenamientos productivos en ambos sentidos.

Sectores manufactureros de destino intermedio

A estos sectores pertenecen algunas actividades de los sectores primario y secundario como la manufactura transformativa y otras actividades, son predominantes en la estructura productiva de una región o países en desarrollo. Demandan y ofrecen grandes cantidades de insumos intermedios y venden su producción a otros sectores. Aunque estas no poseen tan alto valor agregado, son parte importante del flujo del sistema económico y poseen altos encadenamientos hacia atrás y hacia delante. Referente a la articulación interna de la estructura productiva, son los sectores más interesantes, ya que propagan cualquier aumento de la demanda final.

Sectores manufactureros de destino final

A estos sectores pertenecen las actividades manufactureras con productos finales de alto valor agregado y las actividades de servicios sociales como alimentación, salud, educación. Se trata de sectores que compran a otras cantidades sustantivas de insumos y la mayor parte de su producción de bienes y servicios se dirige a la demanda final; predominan en la estructura económica de países desarrollados; influyen de manera significativa en el crecimiento económico global al ser grandes inductores de actividades, poseen altos encadenamientos hacia atrás y bajos hacia delante y pertenecen a la última fase del proceso productivo.

Resumiendo, ante contextos de evaluación y transformación de la estructura productiva, los elementos anteriores son esenciales, para lo que se deben considerar las características de los sectores económicos, actividades y empresas, importancia relativa, destinos de sus producciones y encadenamientos productivos predominantes.

2.4. Las Cuentas Nacionales para evaluar el desempeño de la estructura productiva

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) es una rama de la contabilidad a escala macroeconómica que muestra de forma ordenada las transacciones de productos, servicios y materiales que determinan la actividad económica de un país o región.

En este sentido, uno de los consensos más generalizados para diagnosticar y evaluar la estructura productiva, se refiere a calcular la importancia relativa de los sectores y empresas en la economía en base al desempeño de indicadores del SCN como Producción de bienes y servicios, Consumo Intermedio, Valor agregado entre otros indicadores (Junior et al., 2020; Mendoza, 2020).

Producto Interno Bruto (PIB). Representa el resultado final de la actividad de producción de las unidades residentes, se corresponde con la producción de bienes y servicios de la economía. El PIB mide el Valor Agregado Bruto (VAB) de toda la economía en un período. En Cuba el 64,31% del PIB nacional está compuesto por los VAB de la actividad productiva, mientras que el 35,49% pertenece a la actividad presupuestaria (ONEI, 2019a).

Producción de bienes y servicios (PBS). Es un concepto económico utilizado para medir la actividad económica total en la producción de bienes y servicios en un período. La PBS, en términos generales representa el valor total de la producción de las empresas restándole el valor de los bienes intermedios (en proceso) utilizados en la producción (Fuentes & Ruiz, 2010).

Consumo intermedio (CIN). También conocido por demanda intermedia, constituyen los bienes o servicios intermedios utilizados como factores de la producción de los sectores económicos, tales como materias primas, combustible, servicios profesionales, entre otros elementos para producir un bien o servicio final o intermedio (Fuentes & Ruiz, 2010).

Valor Agregado Bruto (VAB). En su expresión macroeconómica es un indicador utilizado para medir el nuevo valor creado en una actividad económica total en la producción de bienes y servicios en un período contable. Representa la diferencia entre el valor total de las ventas de las empresas en un período y el valor de los bienes intermedios utilizados (Fuentes & Ruiz, 2010; ONEI, 2019b).

2.5. Características de la estructura productiva en Cuba

Según el observatorio de complejidad económica (OEC) en 2018, Cuba es la 84 economía mundial en términos de PIB per cápita (dólares corrientes), la 146 economía en exportación, la 123 en importaciones y la 92 economía en el Índice de Complejidad Económica (ECI). Lo que significa que el país fabrica productos con baja complejidad y poca diversidad, los productos que exporta poseen mínimas ventajas competitivas, lo que podría explicar los bajos niveles de crecimiento económico durante los últimos años (OEC, 2018).

Cuando se analiza la Balanza de Pagos de Cuba en 2018, referida a los bienes, se observa un déficit en las exportaciones de -9.111,00 MMP (ONEI, 2019a). Al examinar el monto de las importaciones y su composición, se observa que de un total de 11.484,00 MMP importados en 2018, aproximadamente el 75,00% correspondió a combustibles, alimentos y productos manufactureros (ONEI, 2019a).

Un aspecto importante es el significativo peso de los servicios en las exportaciones, que en 2018 ascienden a 11.764,00 MMP. Lo que representan el 81,09 % del total de las exportaciones del país, destacando los servicios profesionales (ONEI, 2019a). Esta particularidad hace a la economía cubana muy vulnerable ante los fenómenos naturales, económicos y sociales (De Cuba, 2020).

A la anterior situación contribuyen negativamente, los problemas típicos de una economía subdesarrollada, problemas estructurales relacionados con una gestión ineficiente de las empresas y deficiencias del sistema financiero provocados por la dualidad monetaria y cambiaria, unidos a una base productiva obsoleta que elabora productos poco competitivos en relación a los estándares internacionales (De Cuba, 2020).

Referido a la economía doméstica se unen la ineficiencia económica y los problemas estructurales en los niveles micro y macroeconómicos de la economía, respectivamente (Martínez, 2020). Por lo que se hace necesario impulsar la transformación de la estructura productiva para incentivar la productividad, competitividad y complementariedad de la producción nacional, teniendo como base la diversificación productiva y el desarrollo territorial.

En el marco del llamado proceso de “actualización del modelo económico cubano”, el Estado cubano ha aprobado un conjunto de políticas, cuya finalidad es la superación de los problemas estructurales de larga data, que resultan rémoras al crecimiento y desarrollo económico del país. Las políticas de mayor relevancia son aquellas que se orientan a la diversificación de las formas de propiedad. Éstas han dado paso al surgimiento de un incipiente sector privado que se conecta al mercado interno y al sector de transables, cumpliendo los objetivos de satisfacer la demanda nacional, potenciar las exportaciones y sustituir importaciones. Desde el punto de vista legal, los cambios más importantes son la nueva ley de inversión extranjera para estimular la presencia del capital externo en los sectores estratégicos, y los nuevos esquemas de financiamiento para inversiones entre otras políticas para estimular el desarrollo económico (De Cuba, 2020).

2.6. La modelación matemática en la evaluación, planeación y balance sectorial

El rasgo esencial de los modelos de equilibrio general es que representan un conjunto de actores económicos interrelacionados, que pueden ser construidos, resueltos e interpretados desde la posición de la oferta o la demanda. Este tipo de modelo tiene sus orígenes en las ideas del flujo circular de Quesnay. Posteriormente fueron adquiriendo sus rasgos actuales gracias a los desarrollos teóricos de Walras, Keynes, Leontief, Arrow y Debreu, entre otros.

Coincidiendo con Suescún y Steiner (2017), los modelos de equilibrio son básicamente sistemas de ecuaciones que describen los balances de oferta y demanda de los sectores de una economía. La solución de estos sistemas de ecuaciones constituye el equilibrio del modelo, que da una idea del comportamiento esperado de las cantidades y precios en los mercados considerados y dependiendo de la estructura del modelo, es posible estimar variables e indicadores de la estructura productiva. Además, el equilibrio permite determinar la asignación de recursos entre los distintos sectores de la economía.

En la actualidad es muy extendido el uso de modelos de balance sectorial para equilibrar los elementos de la estructura productiva de un país; entre los modelos más utilizados se encuentran: el modelo integral dinámico de equilibrio para la toma de decisiones determinístico y multisectorial (Suescún & Steiner, 2017). En éste se modela la economía colombiana desde el lado de la oferta, a través de sectores productivos que se interrelacionan por el consumo intermedio, lo que da la posibilidad de simular políticas económicas de forma discrecional; un tratamiento de los encadenamientos

productivos intersectoriales y un análisis detallado de la dinámica sectorial, que contiene el equilibrio general dinámico estocástico y el equilibrio general con optimización dinámica computable, basados en concepciones generales de tipo heurístico o apoyados en la modelación matemática.

En otro sentido, los modelos econométricos (ME) se han aplicado en varios contextos para determinar la influencia de atributos sectoriales en los indicadores del SCN, tanto con fines predictivos como explicativos, para planificar o evaluar procesos inversionistas. Como el análisis de los factores determinantes de la inversión privada en Brasil (Ribeiro & Teixeira, 2001), el uso del Modelo KLEMS y una función de tipo Cobb-Douglas para identificar y evaluar los factores de la inversión de Japón sobre la industria electrónica de México (Orobio & Guzmán, 2020).

En las aplicaciones anteriores, tienen un amplio uso los ME de análisis de varianza llamados modelos ANOVA utilizados para evaluar la significancia estadística de la relación entre una variable regresada cuantitativa y otras regresoras cualitativas, dicótomas o *dummies* (Gujarati & Porter, 2010, p. 278).

En otro sentido, el problema de Programación por Metas *Goals Programming* (GP) fue enunciado por primera vez por Charnes y Cooper (1961) y publicado en su libro: *Management model and industrial applications of Linear Programming*, aún sin esta denominación y fue concebido para resolver problemas multiobjetivos. Otros autores, además de las desviaciones, incluyen las prioridades y las ponderaciones en la función objetivo lo que permitió aplicar el modelo a soluciones más complejas (Tamiz, Jones & Romero, 1998).

Un aspecto importante en la GP lo constituyen los tratamientos del decisor a las variables de desviación, lo que distingue los métodos en: metas lexicográficas, metas ponderadas y métodos MINMAX. En el primero el decisor ordena las metas con orden decreciente de prioridad, el segundo consiste en asignar pesos a las variables de desviación y el tercero, también conocido como programación por metas de Chebyshev, consiste en minimizar la máxima desviación entre las metas evaluando esta distancia (García, 1998; Romero, 2004).

Casos específicos del uso de la programación por metas (GP) es un modelo general computable para el balance sectorial, que basa el equilibrio en una jerarquía lexicográfica de los objetivos para apoyar la toma de decisiones en la aplicación de políticas macroeconómicas medioambientales en la economía española (André, Cardenete & Romero, 2009). Además del uso de modelos de GP para el balance del desarrollo territorial basado en un factor de innovación (Isaev, 2019).

En este trabajo se propone una metodología que integra la aplicación de modelos econométricos y de programación por metas (GP) basadas en prioridades lexicográficas para identificar, explicar y equilibrar, respectivamente, los posibles desbalances entre los sectores, evaluando el destino de las producciones de bienes y servicios, en correspondencia con su clasificación sectorial.

El modelo se plantea desde el lado de la oferta de los sectores de la estructura productiva, cuyas relaciones se expresan a través de indicadores seleccionados del SCN, útil para tomar decisiones de inversión que equilibren los posibles desbalances sectoriales identificados.

3. Materiales y métodos

La propuesta metodológica sigue una secuencia de pasos que se detallan a continuación:

Paso 1: Identificar los desequilibrios sectoriales en la estructura productiva, para lo que se debe estimar el peso relativo de los sectores y empresas en la economía utilizando un modelo econométrico con fines explicativos.

Objetivo general de la aplicación del modelo econométrico: proyectar y/o explicar algunas de las principales variables y atributos de la estructura productiva.

Antecedentes del modelo

A partir de indicadores del SCN referente a la estructura productiva como: Producción de bienes y servicios (*PBS*), Consumo Intermedio (*CIN*) y Valor Agregado Bruto (*VAB*) y la clasificación de empresas según los destinos de la PBS (intermedio o final) entre otros atributos, es posible explicar el peso otros atributos como precios, ingresos, costos y gastos, además de evaluar y proyectar el comportamiento de estas variables.

Se considerará la información cualitativa referente a los preceptos teóricos de Schuschny (2005) y Mendoza (2020), fundamentados en estudios de Chenery y Watanabe de 1958, para clasificar sectores y empresas en función de: destino de la producción de bienes y servicios (intermedio o final); mayor o menor generación de valor agregado; encadenamientos productivos predominantes (menores hacia atrás, menores hacia delante, menores hacia atrás, mayores hacia delante, mayores hacia atrás, mayores hacia delante, mayores hacia atrás, menores hacia delante); generación de efectos arrastre y multiplicador entre los sectores y empresas.

Objetivos específicos del modelo econométrico:

- Estimar la importancia relativa de los sectores en la economía del territorio o país.
- Identificar posibles desbalances o desequilibrios entre los sectores de la estructura productiva.

Índices y acrónimos de variables

i: Cantidad de empresas; $i = 1 \dots n$

k: Atributos a estimar

s: Clasificación sectorial en dependencia de sus encadenamientos, valor agregado y destino de su producción; $s = 1 \dots T$ (1- *NMDI*, 2- *NMDF*, 3-*MDI*, 4-*MDF*), donde,

NMDI: Sector no manufacturero de bienes y servicios de destino intermedio.

NMDF: Sector no manufacturero de bienes y servicios de destino final.

MDI: Sector manufacturero de bienes de destino intermedio.

MDF: Sector manufacturero de bienes de destino final.

VARIABLES DEPENDIENTES (EXPLICADAS) EN FUNCIÓN DE (*k*):

Y_1, Y_2 (*PBS, VAB*)

La siguiente expresión establece y mantiene el necesario balance entre los indicadores empresariales y sus equivalentes del SCN:

$$VAB = PBS - CIN \quad [1]$$

Los indicadores Producción de Bienes y Servicio (*PBS*) y el Valor Agregado (*VAB*) serán usados indistinta y relacionamente como variables dependientes (explicadas) e independientes (explicativas) y el *CIN* se considerará variable independiente en el modelo a diseñar, en dependencia de los objetivos de la aplicación de éste.

Supuestos prácticos a considerar

En el contexto cubano de una economía abierta pero planificada, basada en la propiedad social sobre los medios de producción, donde el Estado cubano es el principal actor e inversor, existen condiciones para que éste controle y regule las relaciones intersectoriales.

Se parte de que si en una estructura productiva determinada, la mayor cantidad de las empresas clasifican en los sectores no manufactureros o manufactureros con producciones de bienes y servicios de destino final (NMDF, MDF), es de suponer, que existan reservas o se puedan crear capacidades de producción de bienes y servicios en los sectores con destino intermedio (NMDI, MDI) que se pueden utilizar si se transfieren o venden determinadas cantidades de *PBS* desde los primeros a los segundos sectores. Lo que presume que las empresas de los sectores NMDF y MDF producen bienes y servicios que pueden ser insumidos por las empresas NMDI, MDI.

Variables independientes (explicativas) e índices de los atributos

Variables cualitativas asociadas a componentes sectoriales externos.

X_s : Clasificación de los sectores de la economía dependiendo de: destino de su producción de bienes y servicios, encadenamientos predominantes, valor agregado y efectos multiplicador y de arrastre representativos, variables exógenas tipo *dummies* con valores dicotómicos (0-1).

$X_1; X_2; X_3; X_4$: Clasificación de sectores (0-1 NMDI, 0-1 NMDF, 0-1 MDI, 0-1 MDF).

Parámetros:

$B_0^{(k)}$: Valor esperado de la variable Y_k , cuando las variables independientes sean cero.

$B_{PBS, CIN, VAB}^{(k)}$: Coeficientes asociados a cada una de las variables independientes *PBS*, *CIN*, *VAB*, representa la variación de la variable Y_k por la variación unitaria de cada una de estas variables, manteniendo constante el resto de las variables.

$D_s^{(k)}$: Coeficientes asociados a variables exógenas X_s , relacionadas con la clasificación sectorial para calcular el valor esperado de la variable Y_k , con la siguiente expresión:

$$\bar{Y}_s = B_0 + D_s^{(k)}; \forall s \in (1, 2, \dots, s) : D_s^{(k)} = 0, \text{ donde} \quad [2]$$

\bar{Y}_s : Valor esperado de la variable Y_k ante la presencia del atributo en la variable X_s

Se diseñará un modelo econométrico general de tipo ANOVA que considera como variables dependientes Y_k la *PBS* y el *VAB*:

Especificación del modelo econométrico

$$Y_k = B_0^{(k)} + \sum_s D_s^{(k)} X_s + \varepsilon \quad [3]$$

Procedimiento de trabajo con el modelo econométrico

- 1) Usando como variable dependiente el *VAB*, estimar el peso o importancia relativa de los sectores en la economía, en lo referente a clasificación sectorial.
- 2) Considerado como variable dependiente la *PBS*, estimar los posibles desbalances o desequilibrios existentes entre los sectores de la estructura productiva.

A partir de la clasificación sectorial en base al destino de las producciones de bienes y servicios, evaluar la existencia de reservas de capacidades y encadenamientos productivos. Además, es posible considerar un incremento de la *PBS* en los sectores NMDI y MDI al estimar una disminución del *CIN*, resultado de mejoras tecnológicas y las buenas prácticas en los nuevos proyectos inversionistas.

Paso 2: Equilibrar los desbalances sectoriales identificados usando un modelo de programación por metas.

Si se cambia el destino de parte de la Producción de Bienes y Servicios (*PBS*) de los sectores NMDF y MDF, puede ser utilizada como fuente para desarrollar los sectores NMDI y MDI. En términos prácticos es un balance entre fuentes y destino a partir de distintos escenarios, caracterizados por el valor porcentual de la *PBS* final dispuesto a transferir de los sectores NMDF y MDF hacia los sectores NMDI y MDI respectivamente.

En Cuba las erogaciones en divisas para la importación de bienes intermedios presionan sistemáticamente la Balanza de Pagos. En 2019 las importaciones de bienes intermedios representaron el 64,3%, del total de las importaciones del país (ONEI, 2020). La nueva situación de equilibrio de la estructura productiva, pudiera significar, por ejemplo:

- a) Destinar un porcentaje de la *PBS* de las empresas NMDF hacia las empresas NMDI, por ejemplo en las empresas no manufactureras del sector primario: parte de las producciones de la actividad agropecuaria (carnes, leches, viandas, frutas, vegetales y granos) que actualmente se venden directamente a la población en su estado natural, sin elaborar, enviarlas a plantas procesadoras (agroindustria) donde se beneficien y elaboren productos alimenticios inocuos, con mayor valor agregado que favorezcan los encadenamientos productivos y generen mayores efectos arrastre y multiplicador en la estructura productiva, al tiempo que contribuyan a la sustitución de importaciones.
- b) Utilizar una parte de la *PBS* de las empresas MDF como fuente de materias primas para las empresas MDI, por ejemplo en las empresas de Recuperación de Materias Primas, específicamente de recolección de metales ferrosos y no ferrosos como Cobre, Bronce y Aluminio, que actualmente exportan gran parte de sus producciones en forma de chatarra a menores precios, destinarlas a plantas de tratamiento, fundición y/o elaboración, donde se transformen en elementos, útiles y piezas de repuesto con mayor valor agregado para el mercado nacional, actualmente deficitarias para el país, evitando así, la importación de estas producciones a altos precios en divisas convertibles.

Objetivos del modelo matemático de programación por metas (GP)

- Determinar los valores óptimos de *PBS*, *CIN* y *VAB* necesarios para satisfacer las metas que equilibren los desequilibrios sectoriales identificados y aprovechen las capacidades sectoriales determinadas en los diferentes escenarios.
- Contribuir a la toma de decisiones de políticas de inversión que posibiliten destinar recursos en forma de *PBS* desde los sectores de producción de destino final hacia los sectores de destino intermedio, manteniendo el balance funcional entre los indicadores *PBS*, *CIN* y *VAB*.

En la sección de anexos se muestran y detallan los conjuntos, índices, las variables de decisión y holgura (desviación) y los parámetros y coeficientes del modelo matemático.

Planteamiento del modelo de programación por metas (GP)

El modelo se fundamenta en minimizar una función objetivo para cada escenario s , donde el orden de las metas lexicográficas prioriza, en primer lugar, satisfacer las metas referidas a cumplir el balance y la relación funcional entre *PBS*, *CIN* y *VAB*, en segundo y tercer lugar satisface las metas de

producción y de capacidades, respectivamente de los sectores NMDI y MDI, lo que estará determinado por el orden de las restricciones débiles.

Función objetivo

$$Lex \min f^s = \sum_{k \in R} (UI_k^s + NI_k^s) + \sum_{k \in R} (UF_k^s + NF_k^s) + \sum_{i \in N} UP_i^s + \sum_{i \in N} NC_i^s$$

Restricciones asociadas a recursos (fuertes)

a) Restricción de ligadura que garantiza el debido balance entre *PBS*, *CIN* y *VAB* (expresión 1).

- Para las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$PI_i^s - CI_i^s - VI_i^s = 0 \quad \forall i \in N$$

- Para las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$PF_j^s - CF_j^s - VF_j^s = 0 \quad \forall j \in M$$

b) Para acotar el importe total de *PBS* a recibir por las empresas los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{Y_1^s}{100} = \sum_{j \in M} pt_j \cdot INPBS^s$$

c) Para acotar los nuevos valores de *CIN* por las empresas de los sectores NMDI y MDI, considerando un índice de disminución del *CIN* a partir de la *PBS* a considerar en la empresa ($0 < INCI^s < 1$).

$$CI_i^s \geq cr_i + cr_i \cdot INCI^s \quad \forall i \in N$$

$$CI_i^s < cr_i \quad \forall i \in N$$

d) Para establecer los nuevos valores de *VAB* por las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$VI_i^s \geq v_i + v_i \cdot INVAB^s \quad \forall i \in N$$

e) Para determinar el valor total de *PBS* a recibir por las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} H_i^s - Y_1^s = 0$$

f) Para establecer los valores de *PBS* por la empresa *j* de los sectores NMDF y MDF.

$$PF_j^s + L_j^s \leq pt_j \cdot (1 - INPBS^s) \quad \forall j \in M$$

g) Para establecer los valores de *CIN* por las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$CF_j^s \leq ct_j \quad \forall j \in M$$

h) Para establecer los valores de *VAB* por las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$VF_j^s \geq vt_j \quad \forall j \in M$$

i) Determinar el valor total de *PBS* a transferir de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} L_j^s - X_1^s = 0$$

j) Equilibra los valores de *PBS* a transferir (fuentes) y a recibir (destinos) entre las empresas.

$$Y_1^s - X_1^s = 0$$

Restricciones asociadas a recursos y sus metas (débiles)

k) Para limitar los nuevos valores totales de *PBS* a recibir por las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{PI_i^s}{100} + UI_1^s - NI_1^s = \sum_{i \in N} pr_i + INPBS^s \cdot \sum_{j \in M} pt_j$$

l) Para limitar los nuevos valores totales de *CIN* de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{CI_i^s}{100} + UI_2^s - NI_2^s = \sum_{i \in N} cr_i + INCIS^s \cdot \sum_{j \in M} ct_j$$

m) Para limitar los nuevos valores totales de *VAB* de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{VI_i^s}{100} + UI_3^s - NI_3^s = \sum_{i \in N} vr_i + INVAB^s \cdot \sum_{j \in M} vt_j$$

n) Para limitar los valores totales de *PBS* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} \frac{PF_j^s}{100} + UF_1^s - NF_1^s = INPBS^s \cdot \sum_{j \in M} pt_j$$

o) Para limitar los valores totales de *CIN* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} \frac{CF_j^s}{100} + UF_2^s - NF_2^s = \sum_{j \in M} ct_j \cdot INPBS^s$$

p) Para limitar los valores totales de *VAB* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} \frac{VF_j^s}{100} + UF_3^s - NF_3^s = \sum_{j \in M} vt_j \cdot INPBS^s$$

q) Para establecer los nuevos valores de *PBS* se redistribuyen uniformemente el valor total de *PBS* dispuesto a transferir de las empresas de los sectores NMDF y MDF a la empresa de los sectores NMDI y MDI.

$$PI_i^s + H_i^s + UP_i^s - NP_i^s \geq pr_i + \frac{pr_i}{\sum_{i \in N} pr_i} \cdot \sum_{j \in M} pt_j \cdot INPBS^s \quad \forall i \in N$$

r) Para limitar los nuevos valores de *PBS* de la empresa *i* de los sectores NMDI y MDI a las capacidades empresariales *i* identificadas.

$$PI_i^s + UC_i^s - NC_i^s \leq cap_i \quad \forall i \in N$$

Restricciones de no negatividad

$$PI_i^s, CI_i^s, VI_i^s, CAP_i^s, H_i^s, pr_i, cr_i, vr_i, cap_i \geq 0 \quad \forall i \in N$$

$$X_1^s, Y_1^s \geq 0$$

$$PF_j^s, CF_j^s, VF_j^s, L_j^s, pt_j, ct_j, vt_j \geq 0 \quad \forall j \in M$$

Paso 3: Comprobar el estado de equilibrio de los desequilibrios sectoriales identificados.

Con los valores óptimos de las variables de decisión PI_i^s, CI_i^s, VI_i^s y PF_j^s, CF_j^s, VF_j^s resultados del mejor escenario *s* de evaluación del modelo matemático anterior, evaluar nuevamente el modelo econométrico de la expresión [3] para estimar una ecuación de regresión con fines explicativos y comprobar el estado de los desequilibrios sectoriales identificados.

Comparar los valores anteriores con los originales de *PBS*, *CIN* y *VAB* para evaluar las posibles reservas de producción de bienes y servicio por empresas y sectores.

Como estudio de caso, se aplicará la metodología en una provincia de Cuba, para lo que se usarán las series de datos del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) por sectores, actividades económicas y empresas en el período 2013-2018, valorados a precios corrientes, contenidos en los Anuarios Estadísticos del país y la provincia Santiago de Cuba, publicados por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI, 2019a, 2019b, 2019c).

4. Resultados

El estudio incluyó las 145 empresas de la provincia Santiago de Cuba de la actividad empresarial (113 empresas; 78,00%) y la presupuestada (34 empresas; 22%), donde el 12,33% clasifica en el sector primario; el 32,19% al sector secundario; el 55,48% se ubica en el sector terciario y el 100% de la actividad presupuestada en el sector terciario.

Paso 1: Considerando como variable dependiente el *VAB* (Y_k), se estima la importancia relativa de los sectores en la economía provincial en función de la clasificación sectorial considerando el destino de sus producciones y demás atributos. Usando el modelo econométrico general de la expresión [3] y las funcionalidades de regresión del software MiniTab®, fue estimada la siguiente ecuación de regresión:

$$VAB = 21543003 - 10357320 X_1 + 5289742 X_2 - 9356298 X_3$$

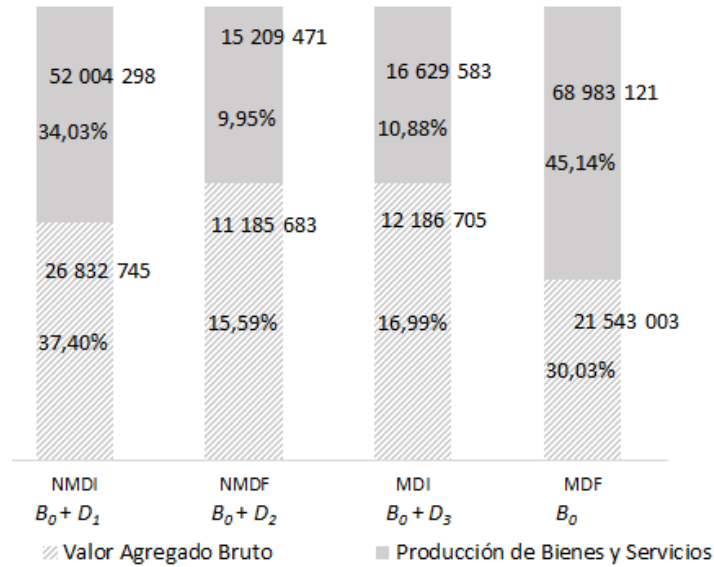
Al analizar los coeficientes D_s de la ecuación anterior, correspondientes a los valores esperados de \overline{VAB} y calcular la contribución de cada sector, se interpreta que los sectores con producciones de destino final tienen un mayor peso en los resultados económicos de la provincia (Figura 1).

1) Considerando como variable dependiente la *PBS*, se estiman los desequilibrios entre los sectores.

Usando el modelo general de la expresión [3] se estimó la siguiente ecuación de regresión y partir de la expresión [2] se calculó la importancia relativa de cada sector (Figura 1).

$$PBS = 68983121 - 53773650 X_1 - 16978823 X_2 - 52353538 X_3$$

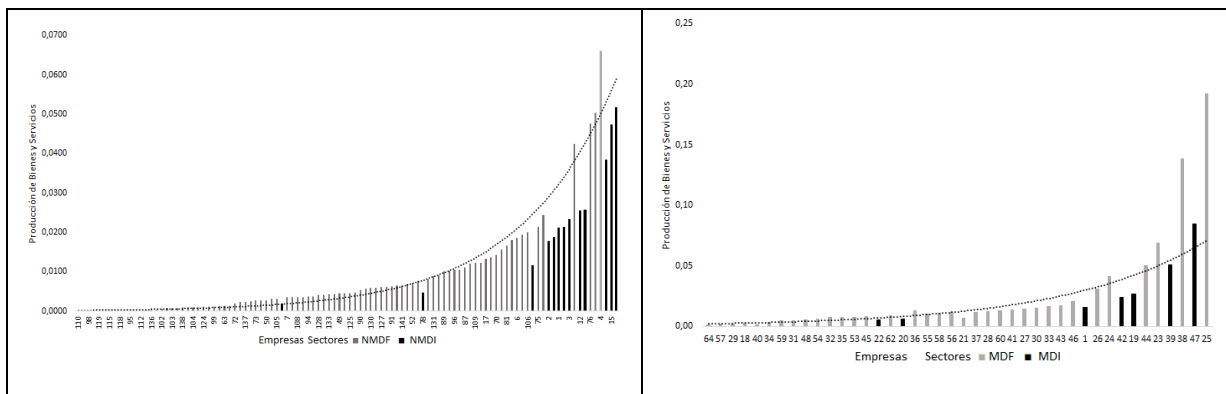
Figura 1. Valores esperados de \overline{VAB} y \overline{PBS} (Pesos) e importancia relativa de los sectores (%).



Fuente: A partir de los coeficientes B_0, D_3 de las ecuaciones estimadas y la expresión [2].

Al analizar los coeficientes D_3 de la ecuación de regresión anterior y calcular la contribución de cada sector en base al valor esperado de la \overline{PBS} , se observa un predominio de las producciones con destino final sobre las de destino intermedio, consistente con el resultado anterior y que demuestra un desequilibrio entre los sectores (Figura 2).

Figura 2. Situación de desequilibrio inicial.



Fuente: Elaborados a partir de los valores reales de PBS del SCN.

Como se observa en las figuras anteriores, existen desequilibrios en la PBS entre las empresas con destino intermedio (color negro) en ambos sectores en comparación con las de destino final (color gris). En términos cualitativos sugiere la existencia de bajos encadenamientos productivos, menores efectos arrastre, multiplicador y generación de valor agregado.

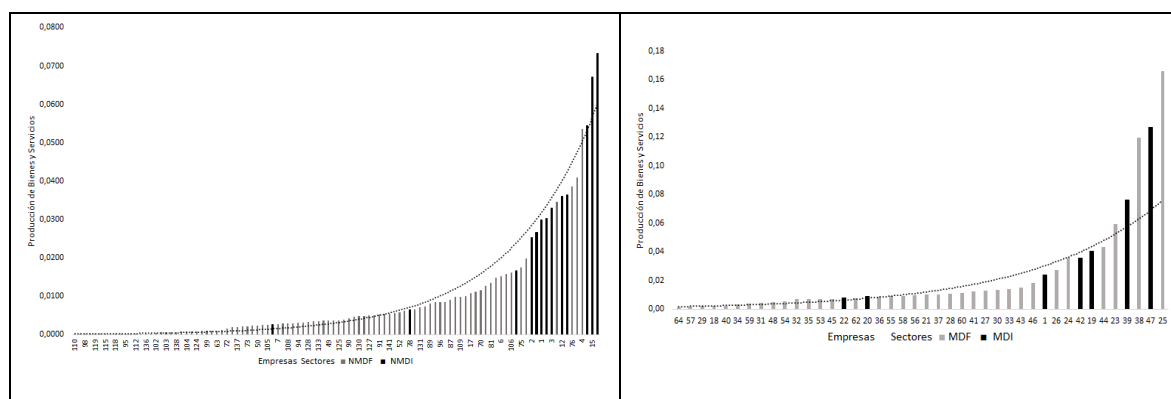
Paso 2: Equilibrar los desbalances o disequilibrios sectoriales identificados usando un modelo de programación por metas.

El desarrollo y solución del modelo matemático se realizó con el sistema algebraico de modelaje LINGO®, aprovechando sus funcionalidades de programación estructurada. Se evaluaron varios escenarios a partir de cambios porcentuales en los valores de la Producción de Bienes y Servicios (*PBS*) de los sectores con destino final (*SDF*) a transferir hacia los de destino intermedio (*SDI*).

El mejor escenario de balance se identificó al destinar el 25% de la *PBS* de los *SDF* hacia los *SDI* (*INPBS*) para lograr un mejor equilibrio entre ambos sectores. Además de considerar disminuciones de los Consumos Intermedios (*INCI*) del 5% en las nuevas inversiones, un incremento del Valor Agregado Bruto (*INVAB*) del 5% y un aumento de las capacidades productivas y de servicio del 3%.

A partir de estos datos fueron determinados los valores óptimos de *PBS*, *CIN* y *VAB* necesarios para equilibrar los desbalances sectoriales, los que se muestra en la Figura 3. Además, todos los valores de las variables de desviación del modelo son cero, lo que significa que se satisfacen las metas de balance, producción y capacidades, lo que es consistente con un mejor equilibrio sectorial de la estructura productiva de la provincia.

Figura 3. Situación de equilibrio sectorial óptimo.



Fuente: Elaboradas a partir de los valores óptimos de *PBS* resultados del modelo matemático.

En las figuras anteriores se evidencian equilibrios o balances en cuanto a *PBS* entre las empresas con destino intermedio (color negro) en ambos sectores al compararla con las empresas de destino final y con respecto a las mismas empresas de la Figura 2.

Paso 3: Con los valores óptimos de las variables de decisión del modelo en el mejor escenario, se evaluó el modelo econométrico y estimaron las ecuaciones de regresión de la Tabla 1.

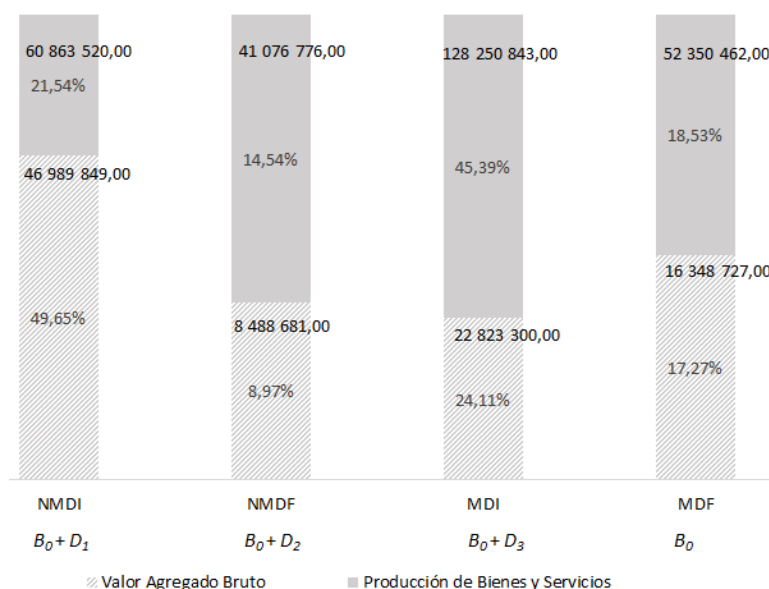
Tabla 1. Ecuaciones de regresión estimadas para equilibrar los desbalances.

Porcentajes		Y_k	Ecuación de regresión estimada del modelo econométrico
% <i>INPBS</i>	% <i>INCI</i>		
25%	95%	<i>PBS</i>	$52350462 + 8513058 X_1 - 11273686 X_2 + 75900381 X_3$
25%	95%	<i>VAB</i>	$16348727 + 30641122 X_1 - 7860046 X_2 + 6474573 X_3$

Fuente: Elaboradas a partir del modelo general e indicadores del SCN de la provincia.

De las ecuaciones anteriores y la expresión 2, se calculó la importancia relativa y el balance de sectores en función del valor esperado de la \overline{PBS} y el \overline{VAB} , respectivamente (Figura 4).

Figura 4. Valores esperados de \overline{VAB} y \overline{PBS} (Pesos) e importancia relativa de los sectores (%).



Fuente: Elaborada a partir de los coeficientes B_0 , D_s de las ecuaciones estimadas y la expresión [2].

En la figura anterior se observa un mejor equilibrio entre los sectores de producciones con destino intermedio y los de destino final, expresado en los valores esperados de Producción de Bienes y Servicios (\overline{PBS}) y Valor Agregado Bruto (\overline{VAB}). El nuevo balance sectorial incluye el aprovechamiento de las reservas de capacidades de producción de bienes y servicios y de encadenamientos productivos, identificados en las empresas de los sectores de destino intermedio.

5. Análisis de los resultados

Desde los puntos de vistas cuantitativo y práctico, la nueva situación de equilibrio óptimo de la estructura productiva significaría destinar un total de 25.867.305,00 Pesos de PBS de las empresas no manufactureras de destino final (NMDF) del sector primario hacia las empresas de destino intermedio de este mismo sector (NMDI). En el caso de las empresas manufactureras, transferir 16.632.659,00 Pesos de PBS de las empresas manufactureras de destino final (MDF) del sector secundario hacia las empresas de destino intermedio de este mismo sector (MDI).

Desde la óptica cualitativa, en ambos casos, el equilibrio óptimo de los sectores permitiría, a partir de materias primas y producciones básicas de las empresas de los sectores de destino final, diseñar y elaborar nuevos productos y servicios en las empresas de los sectores de destino intermedio, con mayor valor agregado, que favorezcan los encadenamientos productivos en ambos sentidos y provoquen mayores efectos arrastre y multiplicador, dinamizando la estructura productiva de la provincia y el país.

6. Conclusiones

Los modelos econométricos estimados evidencian un significativo desequilibrio estructural entre los sectores de la economía de la provincia Santiago de Cuba, donde la mayor importancia relativa, en cuanto a Producción de Bienes y Servicios y Valor Agregado Bruto, la tienen los sectores secundario y primario, representados fundamentalmente por empresas no manufactureras y manufactureras con producción de bienes y servicios de destino final, que no estimulan los encadenamientos productivos y generan menores efectos arrastre y multiplicador, son bajos dinamizadores de la estructura productiva y no favorecen el desarrollo económico de la provincia y del país.

La aplicación del Modelo de Programación por Metas para distintos escenarios permitió determinar los valores óptimos de las variables de decisión relacionadas con los indicadores *PBS*, *CIN* y *VAB* y el mejor escenario para satisfacer los objetivos fijados y equilibrar los desequilibrios sectoriales identificados.

Se determinaron los importes totales de Producción de Bienes y Servicios por 42.500 millones de pesos, posibles a transferir desde las empresas de los sectores manufactureros y no manufactureros de destino final, hacia las empresas de destino intermedio de estos sectores, lo que favorecería el establecimiento de encadenamientos productivos en ambos sentidos y aumentaría los efectos arrastre y multiplicador, dinamizaría la estructura productiva y contribuiría a la sustitución de importaciones en la provincia y el país.

Se identificaron reservas de capacidades de producción de bienes y servicios en los sectores de destino intermedio, que pueden ser consideradas para decidir futuros proyectos de inversiones en la estructura productiva provincial.

En este sentido el Estado cubano debe trazar políticas públicas que atraigan inversiones nacionales o foráneas a la provincia, orientadas a la transformación de la estructura productiva, enfocadas en aprovechar las capacidades de producción de bienes y servicio de los sectores primario, secundario y terciario que propicien encadenamientos productivos que dinamicen la economía, de forma que permitan aprovechar las ventajas comparativas de las provincias y transformarlas en ventajas competitivas de estos territorios.

La metodología diseñada, soportada en modelos matemáticos, se adecua a la realidad cubana actual, y puede facilitar la toma de decisiones racionales, orientando la inversión productiva hacia aquellos sectores y empresas que potencian el crecimiento económico y coadyuvan al cambio estructural en el país.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto de investigación “Actividades conjuntas para la transferencia de conocimientos para la evaluación de la sostenibilidad de la gestión de servicios de agua potable y residuales sólidos y líquidos en Cuba”, entre la Universidad de Almería (España) y la Universidad de Oriente (Cuba) (Programa PPCI, REF. UAL2021_2).

Referencias

André, F.J., Cardenete, M.A., & Romero, C. (2009). A goal programming approach for a joint design of macroeconomic and environmental policies: a methodological proposal and an application to the Spanish economy. *Environmental Management*, 43 (5), 888-898. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9276-x>

- Bárcena, A., Prado, A., & Abeles, M. (2015). *Estructura productiva y política macroeconómica: enfoques heterodoxos desde América Latina*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39844>.
- Boundi, F. (2016). Análisis input-output de encadenamientos productivos y sectores clave en la economía mexicana, *Revista Finanzas y Política Económica*, 1(8), 55-81. <http://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2016.8.1.4>
- CEPAL, N. (2020a). *Enfrentar los efectos cada vez mayores del COVID-19 para una reactivación con igualdad: nuevas proyecciones*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45782>
- CEPAL, N. (2020b). *Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45877>
- CEPAL, N. (2019). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, 2018 (LC/PUB.2019/2-P), Santiago. Principales componentes de la balanza de pagos*, 40-41. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44445>
- Charnes, A., & Cooper, W.W. (1961). Management models and industrial applications of linear programming. *Management Science*, 4(1), 38-91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.4.1.38>
- De Cuba, P.C. (2020). *Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030*. La Habana, Cuba: Editora Política. https://www.siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/siteal_cuba_0368.pdf
- Fuentes, N.A., & Ruiz, C. (2010). El impacto económico de la administración pública en el Distrito Federal en México (metodología de matriz insumo-producto). *Problemas del desarrollo*, 41(160), 157-185. <https://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v41n160/v41n160a8.pdf>
- García, A.M. (1998). Programación estocástica por metas. Teoría y aplicaciones económicas. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/3583/1/T22824.pdf>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Hirschman, A.O. (1998). *Backward and Forward Linkages*. The New Palgrave: A Dictionary of Economics. New York: Palgrave Publishers.
- Isaev, Q. (2019). Targeted programs of balanced development of territories as a factor of innovative development. *Revista Архив научных исследований*. 1(1), 33-35 <https://tsue.scienceweb.uz/index.php/archive/article/view/404/252>.
- Junior, A.A.B., Faria, W.R., Montenegro, R.L.G., Bahia, D.S., & Gonçalves, E. (2020). Research and development, productive structure and economic effects: Assessing the role of public financing in Brazil. *Economic Modelling*, 90, 235-253. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.04.017>
- Kenessey, Z. (1987). The primary, secondary, tertiary and quaternary sectors of the economy. *Review of Income and Wealth*, 33(4), 359-385. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4991.1987.tb00680.x>
- Martínez, R. (2020). El Índice de Precios al Consumidor en la provincia Santiago de Cuba: una disyuntiva para reflexionar. *Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Número especial* (1), 42-53. <https://anuarioeco.uo.edu.cu/index.php/aeco/article/view/5140/4609>

- Mendoza, M.A. (2020). Economic interdependence in the productive structure of Sonora 2013: an input-output approach. *Revista de economía*, 37(94), 9-34. <https://doi.org/10.33937/reveco.2020.127>.
- Ocampo, J. A. (2008). Hirschman, la sustitución de importaciones y la teoría del desarrollo. *Desarrollo y Sociedad*, 62, 41-65.
- OECD (2018). *Economic Complexity Legacy Rankings (ECI)*. <https://oec.world/es/rankings/country/eci/>
- ONEI (2019a). *Anuario Estadístico de Cuba, 2018*. http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/aec_2019_0.pdf
- ONEI (2019b). *Anuario Estadístico de Cuba, 2018. Capítulo 5. Cuentas Nacionales*. http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/05_Cuentas_Nacionales.pdf
- ONEI (2019c). *Anuario Estadístico Santiago de Cuba 2018*. http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/santiago_de_cuboka.pdf
- ONEI (2020). *Anuario Estadístico 2020*. http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/08_sector_externo_2020.pdf
- Orobio, E. & Guzmán, L., (2020). Analysis of the Productivity Effects of Japan's Foreign Direct Investment in Mexico's Electronic Industry. *Nova scientia. Sección: Ciencias Humanas y Sociales*, 12(24), 1-36. doi.org/10.21640/ns.v12i24.2017
- Prebisch, R. (2012). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40010>
- Primera, J.G.P. (2013). La teoría económica del desarrollo desde Keynes hasta el nuevo modelo neoclásico del crecimiento económico. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 19(1), 123-142. <https://www.redalyc.org/pdf/364/36428605012.pdf>
- Ribeiro, M.B., & Teixeira, J.R. (2001). Análisis econométrico de la inversión privada en Brasil. *Revista de la CEPAL*, 74. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/10758>
- Romero C. (2004). A general structure of achievement function for a goal programming model. *European Journal of Operational Research*, 153, 675-686. [https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00793-2](https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00793-2)
- Rosenberg, M. (2007). *Sectors of the Economy*. <https://www.madison-schools.com/cms/lib4/MS01001041/Centricity/Domain/1339/Sectors%20of%20the%20Economy.docx>
- Schuschny, A.R. (2005). Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones. *United Nations Publications, No. 37, S.05.II.G.191*, 1-96. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4737-topicos-modelo-insumo-producto-teoria-aplicaciones>.
- Suescún, R., & Steiner, R. (2017). *Un modelo de equilibrio general dinámico para la evaluación de la política económica en Colombia*, Fedesarrollo. Centro de Investigaciones Económica y Social. <http://hdl.handle.net/11445/3449>
- Tamiz, M., Jones, D., & Romero, C. (1998). Goal programming for decision making: an overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 111, 569-581. [https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00317-2](https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00317-2)

Utkovski, Z., Pradier, M.F., Stojkoski, V., Perez-Cruz, F., & Kocarev, L. (2018). Economic complexity unfolded: Interpretable model for the productive structure of economies. *PloS one* 13(8), e0200822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200822>

ANEXOS

Variables, índices, parámetros y coeficientes del modelo de programación por metas.

Variables de conjuntos:

S : Cantidad de escenarios a evaluar en la estructura productiva.

N : Cantidad de empresas de los sectores NMDI y MDI que van a recibir PBS de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

M : Cantidad de empresas de los sectores NMDF y MDF que van a transferir parte de su PBS a las empresas de los sectores NMDI y MDI.

R : Cantidad de variables asociadas a los indicadores del SCN considerados (PBS , CIN , VAB).

Índices

s : Asociado a los escenarios de evaluación; $s \in (1, 2 \dots S)$.

i : Asociado a las empresas del sector NMDI y MDI; $i \in (1, 2 \dots N)$.

j : Asociado a las empresas del sector NMDF y MDF; $j \in (1, 2 \dots M)$.

k : Relacionado con las variables de desviación asociadas a la PBS , CIN y VAB ; $k \in R$; $R = (1, 2, 3)$.

Variables de decisión

PI_i^s : Variable asociada a los niveles de PBS de las empresas de los sectores NMDI y MDI que van a recibir PBS de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

CI_i^s : Variable asociada al CIN de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

VI_i^s : Variable asociada al VAB de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

PF_j^s : Variable asociada a los niveles de PBS de las empresas de los sectores NMDF y MDF que va a transferir parte de su PBS a las empresas de los sectores NMDI y MDI.

CF_j^s : Variable asociada al CIN de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

VF_j^s : Variable asociada al VAB de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

H_i^s : Variable asociada a la PI_i^s a recibir en las empresas de los sectores NMDI y MDI.

L_j^s : Variable asociada a la PF_j^s a transferir desde las empresas de los sectores NMDF y MDF.

Y_1^S : Variable de holgura asociada a la variable H_i^S que contiene el total de la PI_i^S a recibir.

X_1^S : Variable de holgura asociada a la variable L_j^S que contiene el total de la PF_j^S a transferir.

Variables de desviación

UI_k^S, NI_k^S : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, respecto a los valores meta de las restricciones de las variables PI_i, CI_i, VI_i asociadas al movimiento total de PBS a recibir en los sectores NMDI y MDI.

UF_k^S, NF_k^S : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, respecto a los valores meta de las restricciones de las variables PF_j^S, CF_j^S, VF_j^S asociadas al movimiento de PBS a transferir de los sectores NMDF y MDF.

UP_i^S, NP_i^S : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, asociadas a las variables PI_i^S respecto a los valores meta de PBS por empresa i de los sectores NMDI y MDI.

UC_i^S, NC_i^S : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, asociadas a las variables PI_i^S respecto a las metas de capacidades de PBS disponibles en la empresa i de los sectores NMDI y MDI.

Parámetros y coeficientes del modelo

pr_i : Cantidad actual de PBS en valores de la empresa i de los sectores NMDI y MDI.

cr_i : Importe actual de CIN de la empresa i de los sectores NMDI y MDI.

vr_i : Importe actual de VAB de la empresa i de los sectores NMDI y MDI.

cap_i : Capacidad actual disponible de PBS en valores de la empresa i de los sectores NMDI y MDI.

pt_j : Cantidad actual de PBS en valores de la empresa j de los sectores NMDF y MDF.

ct_j : Importe actual de CIN de la empresa j de los sectores NMDF y MDF.

vt_j : Importe actual de VAB de la empresa j de los sectores NMDF y MDF.

$INPBS^S$: Índice de PBS final dispuesto a transferir desde las empresas de los sectores NMDF y MDF hacia las empresas de los sectores NMDI y MDI ($0 \leq INPBS^S < 1$).

$INCS^S$: Índice de disminución del CIN a considerar en las empresas i de los sectores NMDI y MDI ($0 \leq INCS^S < 1$).

$INVAB^S$: Índice de incremento del VAB a considerar en las empresas i de los sectores NMDI y MDI ($0 \leq INVAB^S < 1$).



The Impact of Oil Price Fluctuations on Bank Lending Power in Iran: An Application of GMM Approach

ABDI SEYYEDKOLAEI, MOHAMMAD
Universidad de Mazandaran (Irán)
Correo electrónico: m.abdi.sk@umz.ac.ir

AGHAEI, MAJID
Universidad de Mazandaran (Irán)
Correo electrónico: m.aghaei@umz.ac.ir

ABBASPOOR, PARISA
Adib-Mazandaran Higher Education Institute (Irán)
Correo electrónico: p.abbaspoor9@gmail.com

ABSTRACT

The abundance of oil resources and the dependence of the state budget on crude oil exports have exposed Iran's single-product economy to oil price fluctuations and its consequences. On the other hand, according to the country's financial system and its being bank-centric, one of the sectors that are constantly affected by oil price fluctuations is the banking system and its performance. To this end, the present study investigated the impact of oil price fluctuations on lending power of specialized banks in Iran using seasonal data from 1999 to 2018 using by Generalized Method of Moments (GMM). The results of this study indicate that during the period under review, oil price fluctuations has been a negative and significant effect (coefficient of -0.01) on the credit growth of specialized banks. In addition, GDP growth and inflation have been, respectively, a positive and negative effect (coefficients of 0.09 and -0.09) on the lending power of specialized banks during the period under review.

Keywords: oil shock; bank lending power; Iranian economy; Generalized Method of Moments (GMM).

JEL classification: C23, E44, G21.

MSC2010: 91G70, 91G99.

El impacto de las fluctuaciones del precio del petróleo en el poder de préstamo bancario en Irán: una aplicación del enfoque GMM

RESUMEN

La abundancia de recursos petroleros y la dependencia del presupuesto estatal de las exportaciones de petróleo crudo han expuesto la economía de un solo producto de Irán a las fluctuaciones del precio del petróleo y sus consecuencias. Por otro lado, de acuerdo con el sistema financiero del país y su bancarización, uno de los sectores que se ve constantemente afectado por las fluctuaciones del precio del petróleo es el sistema bancario y su desempeño. Con este fin, el presente estudio investigó el impacto de las fluctuaciones del precio del petróleo en el poder de préstamo de los bancos especializados en Irán utilizando datos estacionales de 1999 a 2018 utilizando el Método Generalizado de Momentos (GMM). Los resultados de este estudio indican que durante el período bajo revisión, las fluctuaciones del precio del petróleo han tenido un efecto negativo y significativo (coeficiente de -0.01) en el crecimiento del crédito de los bancos especializados. Asimismo, el crecimiento del PIB y la inflación han tenido, respectivamente, un efecto positivo y negativo (coeficientes de 0,09 y -0,09) sobre el poder crediticio de los bancos especializados durante el período analizado.

Palabras clave: shock del petróleo; poder de préstamo bancario; economía iraní; Método de Momentos Generalizado.

Clasificación JEL: C23, E44, G21.

MSC2010: 91G70, 91G99.



1. Introduction

Nowadays, banks as financial mediators and credit facilitators in economics and the heartbeat of financial transactions and exchanges associated with economic activities play an effective and fundamental role in the different countries' economies and their role in financing realm and meeting the investment needs of business and marketing through lending loans to suppliants is quite obvious. Various internal factors of banks and environmental economic conditions and the financial system of countries influence the banks' liquidities and their lending capacity. Therefore, identifying the key factors in the banks' lending capacity seems noteworthy.

Noticing the role of oil as the most important income source and bank-based economy of Iran, one of the most crucial factors influencing the banking system of this country is the oil price and its fluctuations that would affect the functionality of banks and their lending behaviors. Since many economic sectors require receiving loans and facilities from banks, any change in the banks' lending behavior might confront them with many serious threats. The banks due to possessing significant information about their borrowers solve the financial problem of the society technically. Thus, a collapse in the lending capacity of banks leads to serious damages to the private sector. For instance, small enterprises with low efficiency in short-term periods or those that cannot gain the banks' trust to receive loans, may intensely be affected by banks' lending behaviors (Lashkari et al., 2015). Banks noticing their information about markets began to grant the loans; hence, banks' lending behavior is under the influence of current conditions and the immediate future of macroeconomics. According to Baum et al. (2005), with increasing ambivalence in an economic environment, the prediction of the rate of returning facilities granted by banks becomes difficult. A stable environment of macroeconomics can facilitate the prediction of the rate of a potential project; consequently, the facilities granted by banks are assigned to the projects with the highest rate of return prediction. Talavera et al. (2006) study has shown that banks in the economical bloom period and decrease of macroeconomics uncertainty, grant more loans and decrease granting loans in economics recession, instead.

Given that economic situation in Iran is heavily dependent on oil price and its price is in turn under the influence of global and regional phenomena, recognizing the relationship between oil price and banks' lending behaviors is considered noteworthy. For this purpose, in the present study after presenting a theoretical framework and reviewing previous literature, the effect of oil price fluctuations on the banks' lending capacity are scrutinized and appropriate implications and recommended policies are provided.

2. Review of literature

The Bank system is one of the fundamental underpinnings of economic systems and its proper performance can aid economic growth and prosperity. Banks are the most important organizations in the mobilization and allocation of financial and investment resources and playing this role has turned them into one of the important agents in economic growth and development (Foos et al., 2010). However, one should bear in mind that banks have a specific capacity for enriching revenue sources and allocating them to investment purposes. Regardless of being revenue sources for many countries or their economic policies, banks are interested in granting loans and aiding their clients with considering three function-directing principles that are profitability, liquidity, and ability to pay debts, though banks' decisions are affected by many factors (Olokoyo, 2011).

Oil price is one of the crucial factors that identify the economic condition of oil-importing and oil-exporting countries. Basher and Sadorsky (2006) reckoned oil as blood of the modern economy (Shayhaki Tash & Khorram Abadi, 2017). Based on economic theories, oil price fluctuations may affect economic activities both on demand side and supply side. The effects of the demand side are associated with the fact that oil is a vital input of production; therefore, any increase in oil price may decrease the demand for oil and the productivity of other factors meaning that every shock in oil price like a negative technological shock leads to economy depression (Finn, 2000). There is a noticeable amount of

experimental evidence that causally links oil price changes to the variables such as Gross National Product (GNP), stuck efficiency, and rate of interest (Hamilton, 1983).

Changes in oil price cause instabilities in macroeconomics policies and an increase in macroeconomic policies, in turn, leads to disruption in the market and emerging financial crises. Existing fluctuations raise the risk of investment and have a negative effect on national production and confronts the producers with many financial losses in order to repay these loans. Bank borrowers are forced to pay the costs of losses and interest rate due to the amount of fluctuation as well. As a result, it should be acknowledged that the argument over oil price considering its broad domination of direct and indirect effects on bank assets and debts is an important issue that should be examined carefully. Since banks do not work in vacuum, their lending behaviors in most cases are under the influence of environmental factors especially principles and agents of macroeconomics. Economic conditions are components of the economic risk that affect all the companies or financial enterprises. The overall economic performance of every country is identified by units of its macroeconomic such as GNP, level of employment, applied industrial capacity, inflation, providing the money, and exchange rate. Consequently, banks adjust their lending behaviors by responding to these signals. Positive/ negative signals encourage the banks to more/less lending. Banks' lending portfolios may also be affected by their expectations of economic performance (Sameti et al., 2012).

An increase in oil price causes higher government revenues and consequently, higher expenditures. This fact in turn leads to the improvement of companies' performance and banks' balance sheet and their stock value. The relation between macro-level of oil price and financial performance shows that through the period of oil price boom, the quality of banks' assets will be developed because the quality of banks' lending portfolios depends on the performance of other non-financial companies as banks customers. After falling off oil price, the weak performance of oil-exporting companies has a negative effect on their ability to fulfill financial obligations such as repaying loans. As a result, it is expected that adverse oil price fluctuations would affect the amount of banks' lending (Zomorodi & Golshahi, 2017).

The higher oil price leads to higher internal demands that are associated with increasing banks' certainty for more lending. On the supply side, with increasing oil price the production capacity of oil-exporting countries would be increased that it would reinforce new public and private investments. In this atmosphere, financial institutions make considerable profits and financial stability will be acquired with the aid of persistent investments decreasing lost loan repertoires.

Noticing the effects of oil price changes on the oil-based economy countries, oil price fluctuations can indirectly be examined by other macroeconomic variables namely inflation. Rising oil price usually causes inflation and a decrease in investment level. Economists have introduced oil-based revenues as one of the important factors in inflation in Iran. Mehrara and Mojab (2010), Mehrara et al., (2013), and Hosseini and Rezagholizadeh (2011) have reckoned the oil incomes as a direct and crucial factor in inflation in Iran. Existing inflation in a period of time will intensify inflation expectations for the next upcoming periods. Banks due to continuing their activities are inevitably forced to absorb the investment from all society members and grant facilities in order to make profit and survival. If the interest on bank accounts is less than the inflation rate, the value of investors' money will collapse, and due to other markets' attraction and efficiency (i.e. housing, currency, or gold) the liquidity would exit from banks and enter the mentioned markets, the amount of timed deposit would be decreased and current account and the short-term deposit would be increased. Falling the timed deposits and rising current and short-term deposits means a decrease in investments' power. The effect of timed deposit growth on investments is more meaningful than visible investment growth and banks relying on timed deposits can grant timed facilities for financing the investment projects (Karimkhani & Forati, 2012).

Therefore, an advantageous strategy to gain customers' trust and encourage them to reinvestment and ignoring false markets by means of increasing interest rate in line with inflation rate that leads to rising total cost money. Growth of personnel and official costs caused by inflation and increase of doubtfulness to receipt demands are cases that increase non-operational costs and accordingly the total

cost of money. Apparently, in these situations where banks are encountered falling in their timed deposits that are considered as one of their income sources, providing facilities from cheap resources to increase applicants is risen. Even inflation changes can affect the number of cheap resources. On the one hand, with increasing the inflation and decreasing purchasing power, it is expected that the individuals' intention and ability to saving deposits decreases; on the other hand, when total money cost increases banks try to persuade individuals to open timed accounts instead of saving accounts. This strategy can decrease the bank cheap sources and subsequently can decrease mortgage facilities that with rising inflation and current depression are promising for production enterprises to meet their financial needs and survival (Heidari et al., 2017). Boyd et al. (2001) in their research on the relationship between the effects of inflation on the financial sector's performance claimed that in various situations (inflation intensity) there is a significant correlation between the rate of inflation and the amount of lenders' lending power. Chan and Kanatas (1985) stated that with increasing inflation rate, identifying the current market information has become very difficult and the value of received loans is unforeseeable. Thus, banks do not tend to grant loans in these conditions anymore.

Somoye and Ilo (2009) in a study explored the effects of macroeconomic variable instability on banks' lending behaviors in Nigeria with the aid of data collected from commercial banks and macroeconomic instabilities between 1955 and 2005. The results with the applying Vector Error Correction Model (VECM) showed that banks' lending is durably related to instability of macroeconomic variables. Hence, they suggested that banks should pay enough attention to specific characteristics related to lending activities in short/long term periods and their concerns about macroeconomics instabilities should also be limited to durable results of their lending behaviors.

Sameti et al. (2012) in their study searched the effects of macroeconomic instability on commercial banks' lending behaviors in Iran from 1974 to 2008. They hired the Co-integration model and Vector Error Correction Model (VECM). The results exhibited that there was a long-term relationship between banks' lending behaviors and macroeconomics instability. In other words, in a long-term period, any changes in macroeconomic instability were accompanied by a decrease in the lending capacity of commercial banks.

Said (2015) studied the effects of oil price on Islamic banks' efficiency noticing evidence gathered from the Middle East and North Africa (MENA) from 2006 to 2009. The results revealed that there was not a direct relationship between oil price and the level of Islamic banking efficiency in (MENA).

Xu and Xie (2015) examined the effects of oil price on bank profitability in Canada with the aid of Ordinary Least Squares (OLS). Using the data from 10 public banks between 1995 and 2015, they found that the relationship between oil price and banks profitability would differ in different eras (before and after the financial crisis of 2008) in such a way that before the crisis, a positive and meaningful relationship was obvious but there was no evidence to prove their relationship after the crisis.

Khandelwal et al. (2016) scrutinized the effects of oil price on the banking system in the Gulf Cooperation Council (GCC) from 2000 to 2014. In this study, they used Panel Vector Autoregressive (PVAR) method. In this research, the relation between oil and macroeconomics and financial systems of the Persian Gulf Cooperation Council (GCC) has been scrutinized. First, the performance of commercial and financial key indicators has generally been reinforced; in a bust period of oil price, these variables tend to be depressed. Second, the oil price has a significant impact on the quality of banks' assets.

Idris and Nayan (2016) explored the relationship between oil price shock and the arrears of OPEC members from 2000 to 2014. Applying the Panel Data method, they realized that oil price shock has a meaningful and negative impact on bank loans on 12 oil-exporting countries (OPEC members).

Alodayni (2016) using Generalized Method of Moments (GMM) studied oil price, credit risk in banks systems, and financial relationship among oil-exporting Persian Gulf countries from 2000 to

2015. The findings proved that macroeconomic variables (i.e. oil price, GNP non-profit from oil, interest rate, stock value, housing costs) are main indicators of the ratio of Non-Performing Loans (NPL) among the banks of the countries that are members of the Persian Gulf Cooperation Council and subsequently financial stability of the entire region.

Lee et al. (2017) searched the dynamic relationship between oil price shock and risk in China. They analyzed monthly data between 1994 and 2014 by Structural Vector Autoregressive (SVAR) method. They concluded that oil price shock leads to a risk increase in the country and may cause a negative impact on banks' performance.

Khodadadi and Mehrara (2017) explored the effects of macroeconomic fluctuations on the lending behaviors of commercial banks in Iran. Employing Autoregressive Distributed Lag (ARDL), they proved that commercial banks' lending (the ratio of loan to asset) has a direct and long-term relationship with production fluctuations during trading periods. In the other words, in a long time period, improving economic conditions causes credit risk acceptance by banks and increasing the share of commercial banks' lending.

Saif-Alyousfi et al. (2018), using Generalized Method of Moments (GMM) examined the effects of oil and gas price shock on non-performing loans in Qatar from 2000 to 2016 and figured out that oil price shock can cause negative investment and has a significant impact on banks' Non-Performing Loans (NPL) that in turn put the banks at risk of loss.

Lee and Lee (2019) studied the effects of oil price on banking performance using extensive array comprising five features or significant financial indexes (i.e. capital sufficiency, the quality of the asset, management, profitability, and liquidity) in china from 2000 to 2014. Applying the Generalized Method of Moments (GMM), they founded that oil price has a considerable impact on banks' performance since any increase in oil price might diminish bank performance in terms of capital accumulation, management efficiency, monetization power, and liquidity.

3. Methodology

3.1. Research Model and Describing Variables

This section focuses on the theoretical framework and literature along with the model examining the effects of oil price fluctuation on banks' lending capacity and then based on seasonal statistics and data gathered from research variables through 1999 to 2018, the selected model considering econometrics requirements is estimated. The examined model in the present study is presented below:

$$RL_t = C + \beta_1 RL_t(-1) + \beta_2 VOIL_t + \beta_3 RGDP_t + \beta_4 INFLATION_t + u_t \quad [1]$$

In the above equation:

The rate of growth of granted credits by specialized banks (RL_t): includes granted facilities by specialized banks such as Housing Bank, Agriculture Bank, industry and Mine Bank, Export Development Bank, Cooperative Development Bank, in the form of 14 Islamic contracts i.e. Qarz-al-Hasna, Mudarabah, Forward, Civil Partnership, Jo'aalah (Unilateral Contract), Installment Sale, Murabaha Purchase, Istisna (Manufacturing Contract), Debt Purchase...

The growth rate of Gross Domestic Production ($RGDP_t$): is one of the effective factors on banks' granted credit volume. It is expected that a positive relationship exists between these two variables, in such a way that with an increase in economic growth (with the fixed costs of 2004) the amount of granted credits by banks would be increased, too.

The inflation rate ($INFLATION_t$) was calculated using the Consumer Price Index (CPI). This index as a significant indicator is employed by economic planners for identifying the price conditions at different times and as a guideline for financial policies.

Oil price fluctuation ($VOIL_t$): the seasonal oil prices have been extracted from U.S. Energy Information Administration (EIA). The method of extracting data will be explained in section 3.3.

3.2. Unit Root Test of Variables

The first step of economic model estimation is reviewing the reliability of the variables. There are various tests to examine the reliability of variables. In the present study regarding the type of data, Augmented Dickey-Fuller (ADF) test was applied and the result was presented in Table 1.

Table 1. The Results of Unit Root Test.

Variable	Intercept		Trend and Intercept	
	Statistic	Critical Value	Statistic	Critical Value
RL	-4.89	-2.90	-5.27	-3.47
RGDP	-6.49	-2.90	-20.65	-3.47
INFLATION	-7.17	-2.90	-7.15	-3.47
OIL	-2.43	-2.90	-2.61	-3.47
VOIL	-2.43	-2.90	-2.61	-3.47

Source: Research calculations.

Considering the results of the Augmented Dickey-Fuller test, all the variables except for oil price (OIL) and oil price fluctuations ($VOIL$) are stationary in level; therefore, the Structural Break test is used for these two variables. Table 2 has briefed collected data from the Augmented Dickey-Fuller and Structural Break test for these two variables.

Table 2. The Results of Structural Break Test.

Variable	Break Time	Break Type	Statistic	Critical Value
OIL	2014Q ₂	Intercept	-5.82	-4.86
VOIL	2014Q ₂	Intercept	-5.82	-4.86

Source: Research calculations.

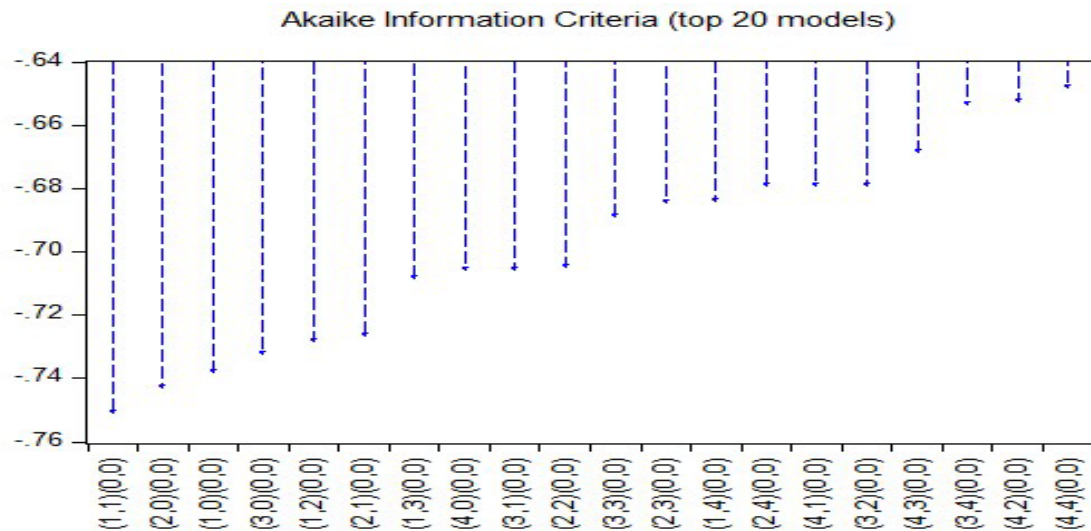
According to Table 2, the oil price variable (OIL) and oil price fluctuation ($VOIL$) are stationary in level considering structural break.

3.2. Extracting the Oil Price Fluctuation Variable

According to Box-Jenkins methodology, the first step of extracting oil price fluctuation variable is to examine its reliability. As can be seen in Table 2, oil price variable ($VOIL$) is in a reliable state. In the following, for extracting oil price fluctuations, fluctuating models were hired. For modeling the fluctuations with $ARCH$ method, firstly the existence of $ARCH$ effects in the best model based on

ARIMA should be examined. Therefore, initially oil price time series was modeled by applying Akaike Information Criteria (AIC).

Figure 1. Determining the Optimal Degree of ARIMA Components for Oil Price.



Source: Own elaboration.

Noticing the information criterion that was selected, the model comprises a degree of autoregressive and moving average. In other words, the optimal model is in the form of ARIMA (1,1,1). After estimating the model, the existence of heteroscedasticity was investigated using ARCH-LM test and its results are provided in Table 4.

Table 3. Investigating the Existence of ARCH Effects in ARIMA Model

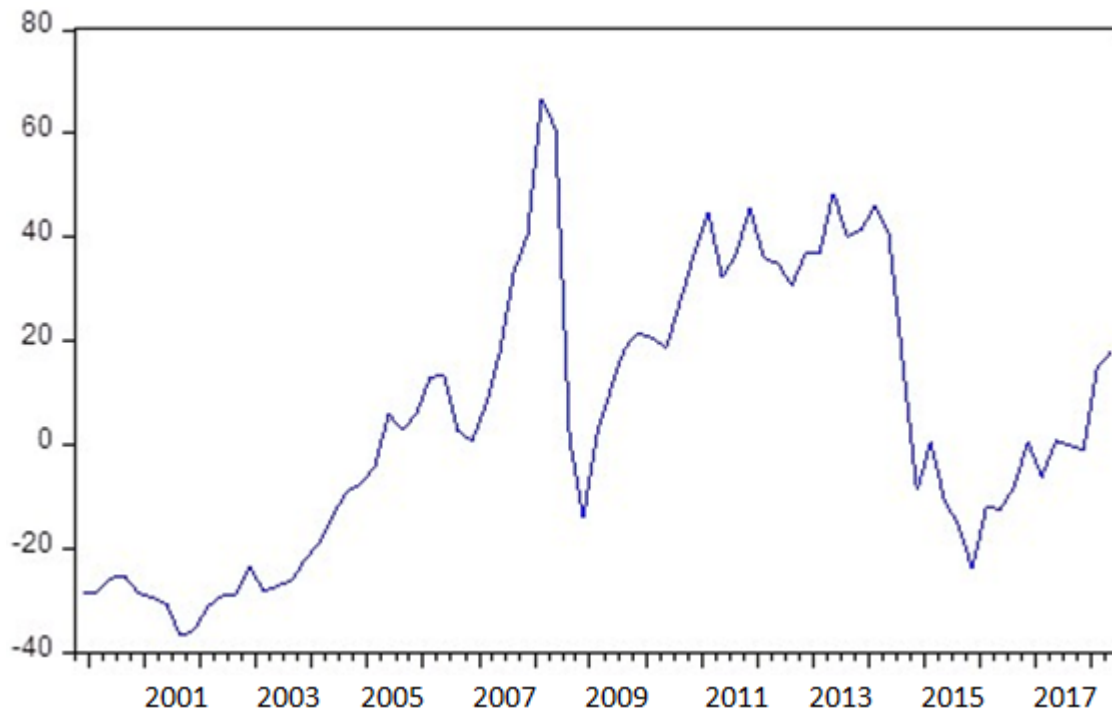
Statistic	H ₀ Hypothesis	Probability	Result
F (2,70)= 4.77	Heteroscedasticity is rejected	0.01	H ₀ hypothesis is rejected

Source: Research calculations.

Considering the test results, the error term of the optimal model contains ARCH effects. Thus, using ARCH group models, the time series of oil price fluctuation can be extracted. Consequently, after estimating different models, GARCH (1,1) was identified as the optimal model and any autocorrelation was not observed. Figure 2 illustrates the above-mentioned error term that was applied as an oil price fluctuation index.

According to Figure 2, the oil price fluctuation has an increasing trend by 2007, and after a sharp bounce, it continued its uptrend. The oil price downtrend since 2014 led to a bounce in this variable.

Figure 2. Time Series of Oil Price Fluctuation.



Source: Research calculations.

3.3. Generalized Method of Moments (GMM)

A determining factor in regular methods of estimation such as the Least Square Method and Maximum Likelihood is that these estimators are inconsistent with numerous observations and short-term periods. Moreover, some other regular assumptions in the regression model, such as explanatory variable correlations and error components, may not be true here. Thus, other methods namely instrumental variables that generally work based on differences are suggested. Since in a model the number of obtained estimators based on these variables for a parameter is normally high; therefore, the Generalized Method of Moments (GMM) is presented as an alternative method for estimating linear regression models (Greene, 2003). In the GMM, the lag of the dependent variable is inserted on the right side of the equation so that re-parametrizing might be accessible. In this situation, if distributed lags are inserted into the model, an Autoregressive Distributed Lags (ARDL) model would be available and this action provides the options of a more plentiful model. The estimators of Generalized Method of Moments with computing invisible specific effects in the model (that is done with inserting dependent variable with lags as an explanatory variable in model) provides better control on all endogenous variable of models. GMM is a rigorous estimator that unlike the Maximum Likelihood Method, it does not need any detailed information about the distribution of error terms. When the dependent variable appears as the lag on the right side, then Ordinary Least Square (OLS) will be inconsistent (Arellano & Bond, 1991; Baltagi, 1995) and a Two-Stage Least Squares (2SLS) or GMM should be employed.

The estimator of the GMM is used whenever the θ parameters are over-intensified by moment conditions. In this case, the following system of the equation $E(f(x_t, \theta)) = 0$ represents q equation for p unknown that it is solvable by θ_0 (Assuming that we have a sample of observations including $\{x_t : t = 1, \dots, T\}$ while we want to estimate an unknown parameter as $p \times 1$ of θ vector with its real value θ_0 . We assume that $f(x_t, \theta)$ is a continued $q \times 1$ vector and a function of θ and $E(f(x_t, \theta))$

exists and for all the t , θ is definable. According to this assumption, moment condition will be: $E(f(x_t, \theta_0)) = 0$.

If in certain cases the process continued to find an estimator, then:

$$F_T(\hat{\theta}_T) = 0 \quad [2]$$

Since there are more equations compared to unknowns, when we have q equation for p unknown, we cannot identify one $\hat{\theta}_T$ vector that establishes $F_T(\theta) = 0$ conditions. However, we are able to find a $\hat{\theta}_T$ vector that aggresses $F_T(\theta)$ to zero as much as possible. The vector can be identified by the following definition:

$$\hat{\theta}_T = \arg \min_{\theta} Q_T(\theta) \quad [3]$$

where:

$$Q_T(\theta) = F_T(\theta)' A_T f_T(\theta) \quad [4]$$

and A_T is a positive and random $p \times p$ weighted matrix. This point is noteworthy that $Q_T(\theta) \geq 0$ and $Q_T(\theta) = 0$ only if $F_T(\theta) = 0$. Therefore, $Q_T(\theta)$ could be Zero in some certain cases, only but it is positive for excessive positive cases. In the following are the results of the estimating model with the aid of this estimator presented.

3.4. Estimating Model and Data Analysis

The results gained by examining the effects of oil price on the lending capacity of specified banks in Iran by GMM method are shown in Table 4. As can be observed in this table, the obtained coefficient sign is compatible with the theory. Sargan Test, which is conducted to investigate the validity of instrumental variables in the model and the over identifying restrictions test, demonstrates that in the estimated model, instrumental variables do not correlate with remaining components of the model; thus, in this regard, the model is considered reliable. Statistics related to the normality test reveals that the error term is distributed normally and the classic hypothesis was accepted.

Table 4. The Results of Estimating the Model.

Variable	Coefficient	Standard Deviation	t- statistic	Probability
Intercept	1.75	0.24	7.17	0.00
RL(-1)	0.75	0.06	13.17	0.00
VOIL	-0.01	0.004	-2.1	0.04
RGDP	0.09	0.05	-2.86	0.00
INFLATION	-0.09	0.03	7.17	0.00
Prob.(Normality) = 0.06		J-statistic = 0.78	Prob.(J-statistic) = 0.9	

Source: Research calculations.

The results obtained from relation [1] showed that:

- The growth of granted credits of specified banks in Iran highly tends to keep stability and persistence. The coefficient related to the first lag of this variable is 0.75 and significantly differs from zero value from a statistical point of view. Hence, it can be claimed that the lending capacity of specified banks in Iran is under influence of previous values and vice versa.
- The gained coefficient for oil price fluctuation is about -0.01, that significantly differs from zero value from the statistical point of view. Therefore, the higher the oil price fluctuation, lending power of specialized banks decreases. This fact proves that oil price fluctuations by disrupting the macroeconomic environment might negatively affect investment situation. Therefore, on the demand side, credits would negatively be affected by oil price fluctuations.

Regarding the effects of oil price fluctuations on banks' lending capacity, it is likely to be true that oil is put in the discussion as a production input. Therefore, an investor due to investing and beginning the production needs to investigate costs functions and profit margin of their economic activity. However, since oil price fluctuations lead to unawareness about costs and safe profit margin of an economic project the investor's intention to economic activity will be diminished and this issue, in turn, causes an increase in banks' lagged lending. As a result, the amount of banks' lending capacity would fall due to the amount of default risk of unreturned granted facilities (Behzadi, 2015).

Economic growth has a positive and meaningful effect on the growth of granted credits of specified banks. In such a way that with one unit increase in economic growth, the granted credits would be increased by 0.09 units. It means that across economic growth, existent enterprises in Iran would have a better condition of repaying bank loans, thus banks would provide more facilities to loan applicants.

The obtained coefficient for inflation of the Consumer Price Index is almost -0.09. Since this value meaningfully differs from zero value, it can be claimed that if inflation increases one unit, the growth of banks' facilities would decrease by 0.09 units. The cause of this effect can be justified as follows: with an increase in the inflation rate, the economic condition is unstable; hence, banks encounter some kind of uncertainty and become more cautious about granting facilities. Examining the various aspects of inflation effects on banks' performance demonstrated that with increasing the rate of inflation and decreasing the rate of deposit interest, the combination of short-term and long-term accounts is altered so that investors would be more intended to transfer their assets into other markets and save their purchasing power. Any changes in deposit combination on the side of short-term accounts put the banks at the risk of liquidity; on the other hand, it restricts the banks' lending capacity to grant long-term facility to production sectors (Karimkhani & Forati, 2012).

4. Conclusion

Banks play very important role in financial market and since this market encompasses the main part of the economy (in bank-based economies), their participation has become more noticeable than before and their activities have a noticeable effect on the economies of the societies. Nowadays, banks' role in the financing realm and meeting the investment' trading needs is apparent. This performance of banks is accomplished by lending to the loan applicant. Furthermore, lending is reckoned as the most important revenue source for all the banks. Hence, identifying the effective factors on lending is considered an important issue.

Iran is one of those countries that their economic basis is underpinned by drilling and exporting crude oil. Consequently, due to being dependent on this product and being a single-product economy, oil price fluctuation has many effects on its economic state. On the other hand, its economy is a bank-based one that nearly 90% of the financing of enterprises is supplied by bank credits. Given the

importance of this issue, the present study explored how oil price might affect specified banks' lending capacity.

The results of estimating the model showed that oil price fluctuation has a negative and meaningful impact (with a -0.01 coefficient) on the growth of specified banks' credits. Moreover, the growth of GDP and inflation rate has shown to be effective negatively and positively (with 0.09 and -0.09 units) on specified banks' lending capacity.

The results of the study emphasized the necessity of macro-prudential policies, developing other economic sectors, decreasing dependency to oil, and improving business conditions to attract exterior investments specifically developing financial system in line with global standards that decrease the negative impacts of oil price shocks on the function of economic enterprises and subsequently on financial system. Additionally, providing facilities for an adequate macroeconomic atmosphere (falling inflation and rising the rate of economic growth) might diminish the effects of oil price fluctuation. Furthermore, financial policymakers should regularly monitor the instabilities of macroeconomic and prevent permeating the national bank system. Reforming banking system could also be effective in reducing the vulnerability of banks. With improving liquidity management and banks' credit risk, the capacity of their lending would be increased.

References

- Alodayni, S. (2016). Oil Prices, Credit Risks in Banking Systems, and Macro-Financial Linkages across GCC Oil Exporters. *International Journal of Financial Studies*, 4(4), 1-14.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies*, 58 (2), 277-297.
- Baltagi, B.H. (1995). *Econometric Analysis of Panel Data* (Vol. 2). New York: Wiley.
- Baum, C.F., Caglayan, M., & Ozkan, N. (2005). *The second moment matter: The response of bank lending behavior to macroeconomic uncertainty*. http://www.gla.ac.uk/media/media_22217_en.pdf
- Behzadi, M. (2015). *The effect of symmetrical fluctuations in oil prices on the overdue receivables of the Iran's banking network*. (Master's Thesis). Islamic Azad University, Tehran Branch, Iran.
- Boyd, J.H., Levine, R., & Smith, B.D. (2001). The impact of inflation on financial sector performance. *Journal of Monetary Economics*, 47(2), 221-248.
- Chan, Y. S., & Kanatas, G. (1985). Valuations and the Role of Collateral in Loan Agreements. *Journal of Money, Credit and Banking*, 17(1), 84-95.
- Finn, M.G. (2000). Perfect Competition and the Effects of Energy Price Increase on Economic Activity. *Journal of Money, Credit and Banking*, 32(3), 400-416.
- Foos, D., Norden, L., & Weber, M. (2010). Loan growth and riskiness of banks. *Journal of Banking & Finance*, 34(12), 2929-2940.
- Greene, W.H. (2003). *Econometric Analysis*. New Jersey: Pearson Education.
- Hamilton, J.D. (1983). Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, 91 (2), 228-248.

- Heidari, H., Sadeghpour, S., & Dehghandorost, M. (2017). The Relationship between Inflation Uncertainty and the Bank Loan Facilities Granted. *Monetary & Financial Economics (Previously Knowledge & Development)*, 24(14), 135-154.
- Hosseini, E., & Rezagholizadeh, M. (2011). Analysis of the Fiscal Sources of Inflation in Iran Giving Special Emphasis to Budget Deficits. *Quarterly Journal of Sustainable Growth and Development (Previously Quarterly Journal of Economic Research)*, 10(1), 43-70.
- Idris, I.T., & Nayan, S. (2016). The Joint Effects of Oil Price Volatility and Environmental Risks on Non-Performing Loans: Evidence from Panel Data of Organisation of the Petroleum Exporting Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(3), 522-528.
- Karimkhani, A.A., & Forati, M. (2012). *Investigating the effect of macroeconomic variables on banks' resources and expenditures*. Sepah Bank, Risk Research and Control Department.
- Khandelwal, P., Miyajima, K., & Santos, A. (2016). The Impact of Oil Prices on the Banking System in the GCC. *IMF Working Paper*, 16/161. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2016/wp16161.pdf>
- Khodadadi, F., & Mehrara, M. (2017). Effect of macroeconomic fluctuations on the lending behavior of commercial banks in Iran. *Journal of Islamic Economics & Banking*, 6(18), 23-39.
- Lashkary, M., Bafandeh, S., Hasannia, N., & Goli, A. (2015). Effects of Macroeconomic Variables on the Lending Behavior of Bank Maskan of Iran. *Quarterly Journal of Sustainable Growth and Development (Previously Quarterly Journal of Economic Research)*, 15(3), 119-134.
- Lee, C.C., & Lee, C.C. (2019). Oil price shocks and Chinese banking performance: Do country risks matter? *Energy Economics*, 77, 46-53.
- Lee, C.C., Lee, C.C., & Ning, S.L. (2017). Dynamic relationship of oil price shocks and country risks. *Energy Economics*, 66, 571-581.
- Mehrara, M., & Mojab, R. (2010). The Links between Inflation, Inflation Uncertainty, Output and Output Uncertainty in Iran. *Journal of Monetary and Banking Researches (Previously Journal of Money and Economic)*, 1(2), 1-30.
- Mehrara, M., Taiebnia, A., Dehnavi, J. (2013). Determinants of Inflation in Iran Based on STR Approach. *Journal of Economic Research (Tahghighat-e-Eghtesadi)*, 47(4), 221-242.
- Olokoyo, F.O. (2011). Determinants of Commercial Banks' Lending Behavior in Nigeria. *International Journal of Financial Research*, 2(2), 61-72.
- Said, A. (2015). The Influence of Oil Prices on Islamic Banking Efficiency Scores during the Financial Crisis: Evidence from the MENA Area. *International Journal of Finance & Banking Studies*, 4(3), 35-43.
- Saif-Alyousfi, A.Y., Saha, A., & Md-Rus, R. (2018). Impact of oil and gas price shocks on the non-performing loans of banks in an oil and gas-rich economy: Evidence from Qatar. *International Journal of Bank Marketing*, 36(3), 529-556.
- Sameti, M., Dalali, R., & Karnameh, H. (2012). The Impact of Macroeconomic Instability on the Banking Sector Lending Behavior in Iran (1974-2009). *Trend of Economic Research*, 19(60), 5-28.

- Shayhaki, M., & Khorram, T. (2017). The Relationship between Unemployment Rate, Oil Price and Interest Rate in Iran. *Quarterly Journal of the Macro and Strategic Policies*, 4(16), 115-134.
- Somoye, R.O.C., & Ilo, B.M. (2009). The Impact of Macroeconomic Instability on the Banking Sector Lending Behaviour in Nigeria. *Journal of Money, Investment and Banking*, 7, 88-100.
- Talavera, O., Tsapin, A., & Zholud, O. (2006). Macroeconomic Uncertainty and Bank Lending: The Case of Ukraine. *DIW Discussion Papers*, 637. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/18530/1/dp637.pdf>
- Xu, C., & Xie, B. (2015). *The Impact of Oil Price on Bank Profitability in Canada*. (Master's Thesis). Simon Fraser University, Canada. <http://summit.sfu.ca/system/files/iritems1/15821/Xie%2C%20Bingqing%20and%20Xu%2C%20Chengcheng.pdf>
- Zomorodi, M., & Golshahi, M. (2017). The effect of oil price changes on the amount of non-current facilities of banks: A case study of Iran. *27th Annual Conference on Monetary and Currency Policies (Financial Stability, the Basis of Sustainable Economic Growth)*. Tehran: IRIB International Conference Center.



Music Industry and the determinants of cultural consumption in live music in Colombia

ANDRADE AGUDELO, DORIS LILIA
Universidad Santiago de Cali (Colombia)
Correo electrónico: doris.andrade00@usc.edu.co

IDROBO SULBARAN, LISETH YULIETH
Universidad Santiago de Cali (Colombia)
Correo electrónico: lisethyulieth.IS@hotmail.com

GALINDO SÁNCHEZ, VÍCTOR MANUEL
Universidad Santiago de Cali (Colombia)
Correo electrónico: v-ictormanuel-rojo17@outlook.com

ABSTRACT

This research aims to determine the variables that influence the choice of attending live music events. For this purpose, the Cultural Consumption Survey (ECC), developed in Colombia by the National Administrative Department of Statistics (DANE), is used to find a descriptive profile of the attending individual and develop an econometric probit model that explains the influence that the different variables have on attendance probability. The results do not differ from other studies in that there is a high probability that young and single individuals attend this type of event. However, it is highlighted that all levels of education are positive and significant, people attend in all regions of the country, they engage in all activities, and there is participation from minority ethnic sectors.

Keywords: music industry; cultural industry; cultural consumption.

JEL classification: C225, L882, G338.

MSC2010: 62P20, 91B42.

La industria musical y los determinantes del consumo cultural en la música en vivo en Colombia

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar las variables que influyen en la elección de asistir a eventos de música en vivo. Para ello, se utiliza la Encuesta de Consumo Cultural (ECC), desarrollada en Colombia por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para encontrar un perfil descriptivo del individuo asistente y desarrollar un modelo probit econométrico que explique la influencia que las diferentes variables tienen sobre la probabilidad de asistencia. Los resultados no difieren de otros estudios en que existe una alta probabilidad de que personas jóvenes y solteras asistan a este tipo de eventos. Sin embargo, se destaca que todos los niveles de educación son positivos y significativos, las personas asisten en todas las regiones del país, se involucran en todas las actividades y hay participación de sectores étnicos minoritarios.

Palabras clave: industria de la música; industria cultural; consumo cultural.

Clasificación JEL: C225, L882, G338.

MSC2010: 62P20, 91B42.



1. Introduction

Music is an important part of cultural consumption and assumes a leading role in creating and diffusing meanings for young people. Thus, studying music has become fundamental to understanding the way it creates one's identity and shapes one's lifestyle. A mere involvement with music ensures the accumulation of cultural capital, cognitive development, emotional control, and social empathy (Rivera & Carriço, 2015; Gómez-Zapata et al., 2021).

After more than 10 years of continuous growth, global trends reflect that the global music industry is on the way to recovery mainly by means of the digital market for recorded music (this aspect indicates streaming, digital, physical, synchronization, and performance rights). Moreover, live music events (with higher ticket sales and show sponsorships) are the largest source of income in the industry. In recent years, trends in the music sector in Colombia are no different from the trends worldwide. Data from the Culture Satellite Account revealed a reconfiguration of the music business model and indicated a sustained growth in income from live musical entertainment that was more than that from the music recording industry (Barrero & Machicado, 2015; Cámara de Comercio de Bogotá, 2018).

A great surge has been observed in the cultural activities, such as live music events, in Colombia as a means of entertainment and way of spending leisure time. Therefore, we are witnessing peculiar musical events such as the "Hay festival" in Cartagena, "Rock to the park" in Bogotá, or "Salsodromo" in Cali (Pérez & Rodríguez, 2017). In recent years, the Colombian government has constructed new laws to enable the promotion, development, and protection of the creative and cultural sectors. Specifically, Law 1493 of 2011 aims to recognize, formalize, promote, and regulate the public performance industry of the performing arts, within which are the live performances of musical expressions. Furthermore, Law 1834 of 2017, known as *Ley Naranja* [Orange Law], aims to develop, promote, encourage, and protect creative industries based on intellectual property (Ministerio de Cultura, 2019).

The present study may, thereby, provide an opportunity for institutions in charge of the cultural activities in Colombia (such as universities, nongovernmental organizations, governments, and ministries and cultural industries) to formulate a database to support and sustain the gathering of evidence and development of public policies that enable and encourage the consumption of live music and, thereby, improve the management of resources allocated for the music industry.

An economic approach provides a clear view of the patterns and decisions of the cultural consumption of Colombians. This study, thus, established and determined the factors of consumption of live music; it provided evidence for future research on the music industry, thereby contributing to the limited existing empirical literature in Latin American countries on this subject. Further, the 2016 anonymized microdata extracted from the Cultural Consumption Survey (ECC) were used. The Colombian Administrative Department of Statistics (DANE) collated the data to estimate the participation equation through a binomial probit model.

Overall, the study results established a high probability of the attendance of young, single individuals from all educational levels and professions belonging to various regions of the country. A socioeconomic variable measuring wealth does not seem to influence the attendance, thus facilitating varied live music events and highlighting the great taste that Colombians possess for these events.

The remainder of the study is organized as follows. Section 2 reviews the extant literature concerning the determinants of live music consumption. Section 3 introduces the empirical analysis using the binomial probit model. The study results and conclusions are presented in Sections 4 and 5, respectively.

2. Literature review

Throughout history, due to its versatility, music has had the ability to influence and summon crowds in an agglomeration of the masses who have common interests and practices, thus giving this cultural industry a particular characteristic (Miranda, 2019).

In Colombia and Latin America, studies on cultural industry are limited, and all its components need to be analyzed (Alonso & Gallego, 2011). For example, the consumption of live music by individuals can be driven by social and personal characteristics. It can help develop their identities, establish stable social relationships, and influence their moods (Castro et al., 2021; Marín-Liévana et al., 2021; Guerzoni & Nuccio, 2014). In addition to gender, race, and class, aspects that are vital in cultural consumption analysis include age; understanding contemporary goods, spaces, and consumer practices; and the relationships and differences between generations and various age groups (Aristizabal, 2010). Hence, future studies need to consider and focus on these aforementioned aspects.

Thus, the economic theory becomes crucial in such scenarios wherein we try to solve the problems arising in different sectors of the economy through empirical analysis. Today, some studies are being conducted on the available cultural resources and their demands; the results of investment in a certain activity and cultural programs and policies are also assessed (Palma & Aguado, 2010). However, economic analysis in cultural affairs is not new; its appearance dates back to the mid-60s when Baumol and Bowen (1966) observed an economic dilemma that was later called the “cost disease,” typical of the scenic arts such as theater, opera, and dance (Palma & Aguado, 2010). Later, Blaug (1977) justified the development of public policies in art, and Towse (2005) highlighted that it is possible to apply economic analysis to the production, distribution, and consumption of cultural goods and services.

Live music is within the scope of the cultural industry because it is considered as goods and services for mass consumption; it is motivated and highly associated with recorded and reproducible music (Aguado et al., 2017). Cultural industry comprises sectors related to the creation, production, and commercialization of goods and services based on intangible content generally protected by copyright; hence, the promotion of cultural entrepreneurship policies is pivotal. Moreover, it is important to democratize access to culture such that it loses its historically elitist character (Ministerio de Cultura, 2017).

García (1990) introduced the term “cultural consumption” in Latin America in the 1990s; he summarized six models around which consumption was analyzed, placing special emphasis on symbolic value. His study highlighted the need to promote future research around cultural consumption. However, his models were not self-sufficient, which made it difficult to construct theoretical and methodological principles (Ortega, 2009).

Sunkel (2004) observed that there is a deep connection between economy and culture, particularly when consumption is a social act. Economy and culture intertwine because consumption implies satisfaction of the present needs and meeting the future needs at the individual or group levels; such needs can be satisfied through goods or services (Ortega, 2009). Live music is considered a cultural service because such a service is facilitated through an artist’s performance at live concerts. Now, thanks to the technology of fixation and reproduction, these services have become goods (Thompson, 1990).

From the studies conducted by García (1995) and Sunkel (2004), it is possible to build bases for current and future works, considering that they provide us with sociological and anthropological theories wherein internationalization and globalization suggest that the effects of opening up geographical borders need to be considered to facilitate the incorporation of material and symbolic goods from other societies.

According to the previous evidence found on this subject, most studies focus on investigating the consumer profile and the relationship between the consumption of live music events and demand for

recorded music. Previous studies are classified into those that do not show econometric evidence, which reflect on people's characteristics in a descriptive way along with the obtained statistical data, and those that show econometric evidence that quantify the effects of the variables with regression models using the statistical data found in the cultural consumption decision (Aguado & Palma, 2015).

Some of these studies conducted by European and American authors are mentioned in Table 1. It illustrates noneconometric and econometric evidence, studies with their objectives, methodologies, and results.

Table 1. Evidence studies.

Noneconometric evidence studies				
Title	Details	Objectives	Methodology	Results
On File Sharing with Indirect Network Effects Between Concert Ticket Sales and Music Recordings (2011)	Author: Dewenter, Haucap, and Wenzel, Publication: Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE), Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Country: Germany	To explain and understand some relationships in music trends.	A Hotelling line is conducted with two different bands or brands that are located at the end points of these lines and managed by two independent companies. Here, we assume that an integrated company sells records and show tickets, that is, we assume that artists sign the so-called 360-degree offers (offline and online marketing).	File sharing can actually lead to higher profits by way of a higher demand for concert tickets if the indirect network effects are robust.
Econometric evidence studies				
Music or hi-tech lovers? An empirical analysis of the digital music market in Italy (2009)	Author: Francesco Balducci. Publication: Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Economia Country: Italy	To perform a descriptive analysis on the consumption of students from the Universidad Politecnica delle Marche and Università di Bologna and to propose a segmentation of the music market.	Perform descriptive statistical analysis to develop a correlation matrix based on a structural econometric model, with a sample of 634 students at the Politécnica delle Marche and Rimini campus of the Università di Bologna during April and May 2007.	The new fragmentation of technology has provided a proportional effect within the music market by increasing the attendance at live concerts; in other words, recorded and live music complement each other. Furthermore, the high level of interest in music induces consumers to legally buy music.

Live and prerecorded popular music consumption (2011)	<p>Authors: Juan D. Montoro-Pons and Manuel Cuadrado-García.</p> <p>Journal: Journal of Cultural Economics.</p> <p>Country: Spain</p>	To analyze the demand for the popular music sector considering its double dimension as provider of live concerts and prerecorded music.	We estimate a bivariate probit model for attendance and music purchase in two different time frames using the database found in Spain's Survey on Habits and Cultural Practices conducted in 2006 and 2007.	There are similarities in the pattern of participation in both markets: women have a negative effect on attendance and purchases, and cultural capital exerts a positive effect, but there are also some differences, namely, time restrictions, the use of technology, and variables related to the individual's economy have an asymmetric effect on participation. Furthermore, the demand of both markets complements a direct causal link.
Supply responses to digital distribution: Recorded music and live performances (2012)	<p>Authors: Julie Holland Mortimer, Chris Nosko, and Alan Sorensen.</p> <p>Journal: Information Economics and Policy.</p> <p>Country: United States</p>	To explore the possibilities of the broad, illegitimate distribution of a digital good that can have offsetting effects on the demand for complementary nondigital goods.	Using a multilevel DMA model, to examine the impact of file sharing on recorded music sales and the demand for live music concerts, with 1,806 artists for whom we observed concert revenues and CD sales.	File sharing reduced album sales while increasing the demand for concerts. This effect is more pronounced for small artists because file sharing increases awareness of such artists. The impact of file sharing on live performances by large and well-known artists is negligible.
Analyzing the popular music audience: Determinants of participation and frequency of attendance (2013)	<p>Authors: Juan D. Montoro-Pons, Manuel Cuadrado-García, and Trinidad Casasús-Estellés</p> <p>Journal: International Journal of Music Business Research.</p> <p>Country: Spain</p>	To identify the profile of the consumer in the live music market, as it is an increasingly attractive market for artists and to segment the market and see the different patterns of behavior, where appropriate, between different demand groups.	Use of a representative survey on culture and participation of the Spanish population over 15 years of age. Using a model with count data to find the consumer profile in the popular live music market.	It is found that the profile of the average live music consumer is male, young, with a higher education, and a high availability of time, who actively participates in the consumption of recorded music media and buying, recording, copying, and downloading music files and full records. It shows that as long as there is a latent demand, there is room to increase live popular music audiences. The key issue is how to relax restrictions on potential attendees, which is beyond the scope of this document.
Are streaming and other music consumption modes substitutes or complements? (2014)	<p>Authors: Godefroy Dang Nguyen, Sylvain Dejean, and François Moreau.</p> <p>Journal: Journal of Cultural Economics.</p> <p>Country: France</p>	To identify consumption through streaming services, such as Spotify or YouTube, to determine if they complement or substitute other means of music consumption such as CDs,	A binary model is constructed based on a representative survey of 2,000 French people. The study monitors music taste and various sociodemographic characteristics as well as habitual determinants of music consumption.	The results indicate that consuming streamed music has no significant effect on the purchase of CDs, but it is complementary for online music, and the use of recorded music is positive for live music attendance but only for national music.

		Pay-downloads, or live music.		
Explanatory factors of university student participation in flamenco (2019)	Authors: Luis Palma Martos; Jesús Manuel De Sancha-Navarro; María Dolores Oliver-Alfonso. Journal: Economics & Sociology. Country: Spain	To explore the cultural participation of students of the Universidad de Sevilla and the frequency with which they attend live flamenco performances.	For this study, a sample of 452 students from different fields was taken, based on the statistical yearbook of the Universidad de Sevilla. Survey and binomial logit and ordered logit models were developed.	The results show that 43% of the students of Universidad de Sevilla have never attended a Flamenco concert or show, with one of the main variables of nonattendance being the human and cultural capital of the individual.
Determinants of attendance frequency to flamenco shows in Spain. A cultural economic approach (2020)	Authors: Jesús Heredia-Carroza; Luis Palma Martos; Alejandro Marín. Journal: Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa. [Journal for Quantitative Methods for Business and Economics] Country: Spain	To determine the variables having an effect on the frequency of attendance in live flamenco shows.	Interviews were conducted with flamenco and music industry experts to obtain the variables used in the analysis, in addition to consumer surveys and the development of different economic models.	The results show that variables such as the educational level, the way in which the music is listened to, or the appreciation of the performer, mainly influence the frequency of attendance in live flamenco shows.

Source: Own elaboration based on the studies mentioned in this table.

In addition to the aforementioned studies, it is crucial to highlight the factors that influence cultural consumption participation and expected effects according to Gray (2003, 2011), Falk and Katz-Gerro (2016), and Porro-Gutiérrez (2014).

Table 2 shows that age has a positive effect when consuming cultural goods; young people show the greatest interest in this type of consumption because it is in this age group that young individuals (aged 17-30 years) develop their interests and tastes (Chaparro & Guzman, 2017). Education and the level of income or revenue produce a positive or negative effect depending on whether the level is high or low in the consumption of cultural goods. An increase in the level of education boosts the level of income or revenue and, hence, this aspect has a positive effect on cultural consumption, thereby indicating that there is a direct relationship between education and income (Prieto et al., 2005).

When a society is plagued by inequality, it is reflected in the cultural consumption. Moreover, social order carries weight and, therefore, the highest hierarchical positions in the economic, social, political, and professional areas create greater possibilities of developing an eclectic and omnivorous taste (Porro-Gutiérrez, 2014).

This music industry is composed of a large number of people, and it is creative and dynamic (Arango & Álzate, 2019). It is also a seasonal and contractual industry that depends on cultural and economic forces (Zendel, 2020). It seeks to become a competitive industry at the national and international level, where both the public and private sectors participate, creating areas for leisure and entertainment (Cruz, 2019).

Table 2. Factors that influence cultural consumption and the expected effects

Variables		Comments	Expected effect on participation
Explicit price	Admission fee	Several studies suggest that the demand for cultural goods is not flexible on price.	–
Imputed price	Children at home	The number of children in the home is considered to be a “burden” for consuming cultural goods outside the home.	–
Purchasing power	Family income	Once individuals start earning some income, they have a greater ability to pay.	+
	Weekly working day	Longer working hours result in a greater opportunity cost of time but also higher income and ability to pay.	+/-
Investing in consumer skills	Age	New skills for cultural consumption are learned with age.	+
	Education level	Participation and taste for cultural consumption increase with educational level.	+
	Art classes	Individuals who are involved with art from an early age are associated with greater cultural consumption.	+
Sex	Male/Female	Females overall have a higher rate of participation in culture. Males have a higher rate of participation rate in other types of events such as sports.	–
Ethnic origin	Black	This aspect is indeterminate, as it depends on the culture and the art form.	?
	Hispanic		
	Asian		
	Indigenous		
Place of residence	Metropolitan areas	The more cultural offerings there are in metropolitan areas, the larger the likelihood of attendance.	+
Employment status	Part-time employee	Has income and a greater amount of leisure time.	+
	Unemployed	Has no income but greater amount of leisure time.	-/+
	Retired	Has income and leisure time but is an elderly.	-/+
	Disabled	Encounters health, displacement, and income difficulties in developing countries.	–
Profession or occupation	Senior public and private officials	There is a certain lifestyle with higher cultural consumption in more intellectual professions.	+
	Trade work, agricultural work, and operators	Less interest in culture because more hours are spent working and, thus, running out of time for leisure.	–

Source: Own elaboration based on Gray (2003, 2011), Falk and Katz-Gerro (2016), and Porro-Gutiérrez (2014).

3. Methodology

In this study, a noneconometric analysis is performed, where the descriptive profile of the study participants is acquired, and an econometric modeling is employed to quantify the effect of the variables that influence the decision of attending live music events. This study, according to the type of study and management of the database, uses the statistical systemic method, consisting of a sequence of procedures for handling the data in qualitative and quantitative ways, thus explaining the variables that impact an individual's decision to attend live music event in a better way.

A qualitative investigation includes the analysis of the individual's profile and interpretation of an event in its natural environment, considering aspects such as age, gender, and ethnicity. A quantitative analysis seeks to measure the influence of each variable on the event. In this case, it is done through the analysis of a binomial probit model.

For this purpose, anonymized microdata from the DANE are employed, which are taken from the ECC conducted in Colombia in 2016 wherein 29,938 people aged 12 years and over were directly surveyed, covering both attendees and nonattendees of live music events in all regions of the country so as to obtain the necessary information to determine the factors influencing the consumption of this type of service available in the cultural industry. The data collection period was from September 1, 2015, to August 1, 2016.

For the estimated model, the participation equation of individual i at time t (P_i^t) is given by the following expression:

$$y_i^t = P_i^t = F(x_i) = F(\beta_1 + \beta_2 class_i + \beta_3 age_i + \beta_4 educationlevel_i + \beta_5 ethnicity_i + \beta_6 sex_i + \beta_7 maritalstatus_i + \beta_8 region_i + \beta_9 mainactivity_i + \varepsilon_i) \quad [1]$$

Considering what was stated by Cameron and Trivedi (2005), the decision to attend a live music event is a dichotomous dependent variable that takes the value of 1 if the individual attends live music events and equals 0 if he/she does not attend. In turn, the probabilities (p_i) of the decision depend on the characteristics observed in individuals and are calculated through a distribution function whose argument is k , explanatory variables (x_i), and a vector of unknown parameters ($\beta_{k \times 1}$). The conditional probability will then be expressed as below:

$$P_i \equiv \Pr(y_i = 1/x) = F(x_i \beta)$$

If it is assumed that the density function [$\theta(\cdot)$] related to the cumulative distribution function [$F(\cdot) = \Phi(\cdot)$] is a standard normal, a probit model is obtained and the above equation is defined:

$$F(x_i \beta) = \Phi(x_i \beta)$$

The marginal effect $\partial p / \partial x_j$ would be given by $= \theta(x_i \beta) \beta_j$, where j denotes the possibilities (attending = 1; not attending = 0). Moreover, the marginal effect varies with the values of x_i .

A binary model can be analyzed through the use of latent variables that help it to relate to the linear regression model. Distinguishing between the observed result, y , and the underlying unobserved (latent) continuous variable, y^* , the following regression equation is obtained:

$$y^* = x_i' \beta + u_i \quad [2]$$

As y^* is not observed for each individual in the sample, the dependent variable constitutes the following latent index:

$$y = \begin{cases} 1 & \text{if } y^* > 0 \\ 0 & \text{if } y^* \leq 0 \end{cases}$$

The probabilities of its occurrence are expressed according to the distribution function expressed below:

$$F(x_i \beta) = \Phi(x_i \beta):$$

$$\Pr(y_i=1) = \Pr(x'_i \beta + u > 0) = \Pr(-u < x'_i \beta) = F(x_i \beta)$$

$$\Pr(y_i=0) = 1 - F(x'_i \beta)$$

The adjustment measures in the discrete choice models only offer partial information that must be evaluated in the context of the theory that motivates the analysis, results of previous studies, and estimated parameters of the model under consideration (Long & Freese, 2001).

The estimated values of the parameters do not have a direct interpretation. However, the statistical significance and its sign are of interest. If the estimated coefficient associated with a variable is positive and statistically significant, this aspect suggests that such a variable is a factor that increases participation probability. Thus, to facilitate interpretation, the calculations of the marginal effects are shown (Bermúdez et al., 2016). This study only includes the variables that determine attendance in live music events from the Cultural Consumption Survey.

Table 3 presents and describes the variables found in the ECC used for this study (DANE, 2016) to better understand their usage.

Table 3. Description of the study variables.

Variable	Description	Type	
Dependent variable			
Attendance	Have you attended concerts, recitals, or live music events in open or closed spaces in the past 12 months?	D	1 = Yes 0 = No
Independent variables			
Class¹	To which social class do you belong?	D	Working class =1,2 Middle class =3,4 Upper class =5,6
Age	How old are you?	D	1=12–17years (Adolescence) 2 = 18–26 years (Youth) 3=27–65years (Adulthood)
Education level	What is the highest education you have obtained?	D	1 = None 2 = Preschool 3 = Primary 4 = Secondary 5 = High school 6 = Graduate 7 = Postgraduate 8 = unknown/not reported

Ethnicity	According to your culture, people, or physical attributes, how do you identify yourself?	D	1 = White/Mixed race 2 = Afro-descendant/Afro-Colombian
Sex	Sex	D	1 = Male 2 = Female
Marital status	At present	D	1 = Living with partner 2 = Widowed/Separated 3 = Single
Region	What region do you live in?	D	Bogotá Atlantic Coast Eastern Colombia Central Colombia Pacific Coast Amazon
Main activity	In what activity did you spend most of your time last week?	D	1 = Work 2 = Looking for a job 3 = Studying 4 = Housework 5 = Disabled 6 = Other activity

¹In Colombia, a socio-economic stratification method is used based on the physical characteristics of the household and the environment where it is located. Thus, strata one and two correspond to the lowest strata, with lower levels of income, education and employment; strata three and four correspond to the middle strata; and strata five and six correspond to the highest strata. People living in the middle stratum and especially in the upper stratum have greater opportunities for education and income.

Source: Own elaboration based on DANE (2016).

4. Results

4.1. Descriptive profile of the individuals who consume live music in Colombia

Table 4 shows the descriptions of the attendees at the live music events. According to the available information, in the age group of 12-65 years, the average age of those who attend live music events is 33 years, with 49% being men and 51% being women. Further, 47% are single, followed by 39% who are married or in cohabitation. A total of 36.8% possess university-level education, and 2.7% of the participants belong to the upper class, 24.7% belong to the middle class, and 72.4% belong to the working class. Moreover, 57% work as their main activity, followed by 22.3% who are looking for a job and 13.3% who are studying; 88% of those surveyed identify as being part of a white/mixed race ethnic group and 11.6% identify as Afro-descendants. In addition, participants come from all regions of the country, mainly from the Atlantic and Pacific Coasts, with 18% participants from each region.

Table 4. Description of the attendees at the live music events.

Variables	Live music event attendees			
	Mean	Standard deviation	Min.	Max.
Age	33.2	0.434	12	65
Class	.	.	.	.
Working	0.724	0.446	0	1

Middle	0.247	0.431	0	1
Upper	0.027	0.162	0	1
Education level	.	.	.	.
None	0.011	0.105	0	1
Preschool	0.001	0.032	0	1
Primary	0.099	0.299	0	1
Secondary	0.188	0.391	0	1
High school	0.279	0.448	0	1
Graduate	0.3685	0.482	0	1
Postgraduate	0.050	0.219	0	1
Unknown/not reported	0.000	0.021		
Ethnicity	.	.	.	.
White/mixed race	0.881	0.692	0	1
Afro-descendant/Afro-Colombian	0.116	0.378	0	1
Sex	.	.	.	.
Male	0.488	0.499	0	1
Female	0.511	0.499	0	1
Marital status	.	.	.	.
Cohabiting	0.390	0.376	0	1
Widowed/Separated	0.093	0.373	0	1
Single	0.471	0.499	0	1
Regions	.	.	.	.
Bogotá	0.122	0.327	0	1
Atlantic Coast	0.182	0.386	0	1
Eastern Colombia	0.177	0.381	0	1
Central Colombia	0.158	0.158	0	1
Pacific Coast	0.180	0.384	0	1
Amazon	0.179	0.383	0	1
Main activity	.	.	.	.
Work	0.570	0.495	0	1
Looking for a job	0.223	0.416	0	1
Studying	0.133	0.340	0	1
Housework	0.043	0.204	0	1
Disabled	0.003	0.055	0	1
Other activity	0.024	0.155	0	1

Source: Own elaboration based on DANE (2016).

4.2. Model results

Table 5 shows the results of the model used in the study wherein the likelihood of attending live music events is analyzed by reviewing the marginal effects of the variables. Given that there is no direct interpretation of the values of the estimated coefficients, their sign and significance are critical. Moreover, the calculations of the marginal effects provide the effect size of each variable.

The probability of attending live music events with the highest percentage corresponds to young people (basically between 18 and 26 years old), with 54.3%, a value that decreases as the age of the individual increases, but is still significant (adulthood between 27 and 65 years old) with a 7.7% probability of attendance.

Table 5. Binomial probit model.

R2 = 0.2560		
Dependent variable	Live music attendance	
	Coefficients	Marginal effects p > |Z|
Independent variables		
Age	-0,145867***	0,0556638***
Age 2_100	-0.000	-0.000
Age groups: 12–17 years (Adolescence) (Ref)	0	0
18–26 years (Youth)	0,2593775***	0,543197***
27–65 years (Adulthood)	0,2055928***	0,0765612***
Sex: Male	0,077364***	0,0270587***
Marital status: Cohabiting (Ref)	0	0
Widowed/Separated	- 0,0772996	- 0.0210743
Single	0,0848684***	0,0316043***
Race: White/Mixed race (Ref)	0	0
Ethnicity: Afro-descendants/Afro-Colombian	0,0784223**	0,0504403**
Class: Upper class (Ref)	0	0
Middle class	-0,1026882	-0,0387589
Working class	-0,988598	-0,0371723
Educational level: None (Ref)	0	0
Preschool	0,387893	0,1444487
Primary	0,2671825***	0,0994967***
Secondary	0,3477645***	0,1295048***
High school	0,5093065***	0,1896618***
Graduate	0,7801401***	0,2905181***
Postgraduate	1,086882***	0,4047463***
Regions: Bogotá (Ref)	0	0
Atlantic Coast	0,1881975***	0,0700833***
Eastern Colombia	0,3919971***	0,1459767***
Central Colombia	0,3809008***	0,1418445***
Pacific Coast	0,3213408***	0,1196648***
Amazon	0,6556893****	0,2441736***
Main activity: Disabled (Ref)	0	0
Working	0,6228234***	0,2319346***
Looking for a job	0,5993898***	0,2232081***
Studying	0,7220124***	0,2688718***
Housework	0,5748367***	0,2140647***
Other activity	0.5922622***	0,2558851***

Note: ***p < 0.01; **p < 0.05; *p < 0.1

Source: Own elaboration based on DANE (2016).

Being single increases the probability of participating in these events by 3.1%, compared to people living with a partner, which may be consistent with the fact that the highest attendance is found among young people. Furthermore, the variable being male was statistically significant and positive with around a 2.7% higher probability of attending this type of events.

Next is the education variable, where all levels are significant, only that they increase in percentage as the level becomes higher, starting from elementary school with 9.9%, Secondary school with 12.9%, high school with 18.9 %, graduate 29.0 % and ending at the postgraduate level with 40.4%. Thus, individuals with university and postgraduate degrees have the highest probability of participating.

According to the results, people attend regardless of the activity they are engaged in, whether they are housewives (21.4%), students (26.8%), employed (23.1%), and even those looking for a job (22.3%); all with significant probabilities. Being a student is the variable with the highest probability, which is in line with the higher probability that young people are the ones who most often go to this type of shows.

Furthermore, there is a positive and significant participation from all regions of the country; in comparison to the capital of Bogotá, the Amazon is significantly important, with a probability of 24.4%, followed by the Eastern and Central regions with a percentage of 14% each, and finally the coastal regions, the Pacific coast with 11.9% and the Atlantic coast with 7%.

Belonging to a minority ethnic group, for example, those individuals who identify themselves as Afro-descendants, are associated with a 5% increase in the probability of attending live music events.

Uniquely, although in the model results analysis, only the significant variables are studied, it is worth noting that in the socioeconomic stratum variable, which measures the levels of wealth in the country, no level is significant, unlike the findings of other studies based on the importance of high-income levels for cultural consumption.

5. Conclusion

The present study facilitated a better understanding concerning the consumption of live music in the music industry in Colombia. The descriptive analysis revealed that live music events are consumed by young people who may be single or have a partner, both men and women, and who primarily work for a living; it also showed that people from the coastal areas of Colombia, especially the Afro-descendant population, significantly participate in live music events.

The estimation of the model showed that being male, young, and single increases the probability of attending live music events. Furthermore, there is a high probability of participation from all regions of the country, irrespective of the education level or profession/occupation. The socioeconomic class does not significantly affect the participation in live music events; moreover, ethnic minorities, such as Afro-descendants, have a positive and significant probability of attending live music events.

For some determinants, the study results for Colombia do not differ from other countries, as observed through the review of the extant literature: individuals who attend live music events are characterized by being single and among the youngest. However, in Colombia, in contrast to other countries, live music events are attended by the people belonging to all social classes, regions, and educational backgrounds, regardless of what they do for a living. Therefore, it is evident that Colombians have a good taste for music because of the prevalence of and exposure to variety of live music events.

Acknowledgments

This study has been funded by the General Research Office of Universidad Santiago de Cali (Colombia) under Call No. 01-2021.

References

- Aguado, L.F., & Palma, L. (2015). Factores que limitan la participación cultural. Una mirada desde la economía de la cultura. *Revista de Ciencias Sociales*, 21(1), 58-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28037734006>
- Aguado, L.F., Palma, L., & Pulido, N. (2017). 50 años de economía de la cultura. Explorando sus raíces en la historia del pensamiento económico. *Cuadernos de Economía*, 36(70), 197-225. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v36n70.53813>
- Alonso, J.C., & Gallego, A.I. (2011). Primera Aproximación a la Caracterización y Medición de las Industrias Culturales en Cali. *Estudios Gerenciales*, 27(120), 13-40. [https://doi.org/10.1016/s0123-5923\(11\)70167-x](https://doi.org/10.1016/s0123-5923(11)70167-x)
- Arango, C.A., & Rojas, B. (2019). Comunicación y Música. Campos de tensión en la construcción de una industria creativa y cultural en el Oriente antioqueño colombiano. *Revista Luciérnaga Comunicación*, 11(22), 130-145. <https://doi.org/10.33571/revistaluciernaga.v11n22a6>
- Aristizábal, D.M. (2010). Estudios sociales sobre el consumo. Trayectorias disciplinares de un campo de estudio en construcción. *Revista de Estudios Sociales*, 71, 87-99. <https://journals.openedition.org/revestudsoc/47130>
- Balducci, F. (2009). Music or Hi-tech Lovers? Inferring into the Determinants of Music Consumption. *Rivisteweb*, 14(2), 361-394. <https://www.rivisteweb.it/doi/10.1427/30395>
- Barrero, J., & Machicado, J. A. (2015). *Tendencias de la Industria musical en Colombia*. Bogotá: Cuadernos del Observatorio de Cultura y Economía-Serie Música. https://culturayeconomia.org/wp-content/uploads/2015_Tendencias_de_la_musica_en_Colombia.pdf
- Baumol, W.J., & Bowen, W.G. (1966). *Performing Arts: The Economic Dilemma*. New York: The Twentieth Century Fund.
- Bermudez, J.A., Medina, L.M., & Aguado, L.F. (2016). La decisión de escuchar música grabada en Colombia. Un enfoque microeconómico // The Decision of Listening to Recorded Music in Colombia. A Microeconomic Approach. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 21, 21-38. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2251>
- Blaug, M. (1977). *The Economics Of The Arts* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429310355>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2018). *Observatorio de Economía de la Música de Bogotá y Colombia*. Bogotá: Cámara de comercio de Bogotá. <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Musica/Sobre-el-Cluster/Economia-de-la-musica-en-Bogota/2018/Documento-Observatorio-Economia-de-la-Musica-de-Bogota-y-Colombia-2018>
- Cameron, C., & Trivedi, P. (2005). *Microeconometrics: methods and applications*. New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811241>
- Castro, C., Díaz, V., & Justel, N. (2021). Modulación del estado de ánimo a través de estímulos musicales activantes. Un diseño experimental con adultos jóvenes. *Interdisciplinaria*, 38(1), 45-51. <https://doi.org/10.16888/interd.2021.38.1.3>

- Chaparro, H.R., & Guzmán, C.M. (2017). Jóvenes y consumo cultural. Una aproximación a la significación de los aportes mediáticos en la preferencias juveniles. *Anagramas*, 15(30), 121-142. <http://www.scielo.org.co/pdf/anqr/v15n30/1692-2522-anqr-15-30-00121.pdf>
- Cruz, F.M.R. (2019). La informalidad en la industria cultural de la música y la promoción de la economía creativa en la ciudad de Natal/RN (Brasil). *Aposta. Revista de Ciências Sociais*, 81, 54-68. <http://apostadigital.com/revistav3/hemeroteca/fmrcruz.pdf>
- DANE. (2016). *COLOMBIA - Encuesta de Consumo Cultural - ECC - 2016*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. <http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/447>
- Dewenter, R., Haucap, J., & Wenzel, T. (2011). On file sharing with indirect network effects between concert ticket sales and music recordings. (H.-T. Normann, Ed.) *Dusseldorf Institute for Competition Economics*, 28, 1-23. http://www.dice.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Wirtschaftswissenschaftliche_Fakultaet/DICE/Discussion_Paper/028_Dewenter_Haucap_Wenzel.pdf
- Falk, M., & Katz-Gerro, T. (2016). Cultural participation in Europe: can we identify common determinants? *Journal of Cultural Economics*, 40, 127-162. <https://www.jstor.org/stable/44280346>
- García, N. (1990). *Culturas híbridas: estrategias para entrar y salir de la modernidad*. México: Grijaldo.
- García, N. (1995). *Consumidores y Ciudadanos. Conflictos Multiculturales de la globalización*. México: Editorial Grijalbo S.A.
- Gómez-Zapata, J. D., Herrero-Prieto, L. C., & Rodríguez-Prado, B. (2021). Does music soothe the soul? Evaluating the impact of a music education programme in Medellín, Colombia. *Journal of Cultural Economics*, 45, 63-104. <https://doi.org/10.1007/s10824-020-09387-z>
- Gray, C.M. (2003). Participación. En R. Towse (Ed.), *Manual de Economía de la Cultura* (pp. 609-624). Madrid: Fundación Autor.
- Gray, C.M. (2011). Participation. En R. Towse (Ed.), *A Handbook of Cultural Economics* (2ªed., pp. 166-171). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Guerzoni, M., & Nuccio, M. (2014). Music consumption at the dawn of the music industry: the rise of a cultural fad. *Journal of Cultural Economics*, 38, 145-171. <https://doi.org/10.1007/s10824-013-9205-y>
- Heredia-Carroza, J., Palma, L., & Marín, A. (2020). Determinantes de la frecuencia de asistencia a espectáculos de flamenco en España. Un enfoque económico cultural. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 29, 79-98. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3751>
- Holland, J., Nosko, C., & Sorensen, A. (2012). Supply responses to digital distribution: Recorded music and live performances. *Information Economics and Policy*, 24(1), 3-14. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1703041>
- Long, J., & Freese, J. (2001). *Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata*. College Station: Stata Press.

- Marín-Liebana, P., Blasco, J., & Botella, A. (2021). Students' musical preferences: towards recognition of their cultural identities. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 154, 43-67. <http://doi.org/10.15178/va.2021.154.e1236>
- Ministerio de Cultura (2017). *Políticas para el emprendimiento y las industrias culturales* (pp. 433-581). Bogotá. https://www.mincultura.gov.co/ministerio/politicas-culturales/politica-emprendimiento-industrias-culturales/Documents/13_politica_emprendimiento_industrias_culturales.pdf
- Ministerio de Cultura (2019). *Guía jurídica y societaria para sociedades de Economía Naranja*. Bogotá: Superintendencia de sociedades. <https://www.supersociedades.gov.co/Noticias/Paginas/2019/Supersociedades-presenta-la-Guia-Juridica-y-Societaria-para-Sociedades-de-Economia-Naranja.aspx>
- Miranda, C.G. (2019). La industria cultural musical y sus transformaciones: el caso de la música protesta en Ecuador. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, 142, 75-88. <https://usc.elogim.com:3878/servlet/articulo?codigo=7713707>
- Montoro-Pons, J., & Cuadrado-García, M. (2011). Live and prerecorded popular music consumption. *Journal of Cultural Economics*, 35(1), 19-48. <https://usc.elogim.com:2131/10.1007/s10824-010-9130-2>
- Montoro-Pons, J., Cuadrado-García, M., & Casasús-Estellés, T. (2013). Analysing the popular music audience: determinants of participation and frequency of attendance. *International Journal of Music Business Research*, 2(1), 35-62. <https://openmusiclibrary.org/article/254387/>
- Nguyen, G.D., Dejean, S., & Moreau, F. (2014). On the complementarity between online and offline music consumption: the case of free streaming. *Journal of Cultural Economics*, 38(4), 315-330. <https://usc.elogim.com:2131/10.1007/s10824-013-9208-8>
- Ortega, L.M. (2009). Consumo de bienes culturales: reflexiones sobre un concepto y tres categorías para su análisis. *Culturales*, 5(10), 7-44. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-11912009000200002&lng=es&tlng=es.
- Palma, L., & Aguado, L.F. (2010). Economía de la Cultura. Una Nueva área de especialización de la economía. *Revista de Economía Institucional*, 12(22), 129-165. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962010000100006&lng=es&tlng=es.
- Palma, L.A., Sancha, J.M.D., & Oliver, M.D. (2019). Explanatory factors of university student participation in flamenco. *Economics & Sociology*, 12(4), 130-148. <https://hdl.handle.net/11441/94876>
- Pérez, D., & Rodríguez, K. (2017). Los ecos de la música en vivo. *El Espectador*, p. 1. <https://www.elespectador.com/el-magazin-cultural/los-ecos-de-la-musica-en-vivo-article-686241/>
- Porro-Gutiérrez, J.M. (2014). Sociología del consumo cultural. En M. Atalaya. <http://atalayagestioncultural.es/capitulo/sociologia-consumo-cultural>
- Prieto, J., Pérez, M.J., & Suarez, S. (2005). *El consumo cultural: ¿cuestión de gusto o de precio?* Oviedo: Universidad de Oviedo. La Caixa. <https://prensa.fundacionlacaixa.org/wp-content/uploads/2019/09/66761.pdf>

- Rivera, S., & Carriço, B. (2015). Los consumos juveniles de la música en la era digital: un estudio de caso en la zona Metropolitana de Querétaro. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 171-192. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.mavae10-2.cjmd>
- Sunkel, G. (2004). El consumo cultural en la investigación en comunicaciones en América Latina. En G. Sunkel, *El consumo Cultural* (pp. 9-24). Chile: Contornos.
- Thompson, E. (1990). *Costumbres en común*. Barcelona: Cuadernos de Economía.
- Towse, R. (2005). *Handbook of cultural Economics*. Glasgow: Fundacion Autor.
- Zendel, A. (2020). There are no days off, just days without shows: precarious mobilities in the touring music industry. *Applied Mobilities*, 6(2), 184-201. <https://doi.org/10.1080/23800127.2020.1827516>



UNIVERSIDAD
PABLO DE OLAVIDE
SEVILLA



REVISTA DE MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA
ECONOMÍA Y LA EMPRESA (34). Páginas 209-236.
Diciembre de 2022. ISSN: 1886-516X. D.L.: SE-2927-06.
www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/5401

La incidencia intertemporal de los impuestos sobre la distribución del ingreso en Argentina

ROSSIGNOLO, DARIO

Universidad de Buenos Aires (Argentina)

Correo electrónico: darossignolo@gmail.com

RESUMEN

El trabajo se propone como objetivo el cálculo del impacto de los tributos sobre la desigualdad en la distribución del ingreso permanente en Argentina. A diferencia de otros estudios anteriores sobre el tema, en donde se efectuaron tanto análisis de incidencia anuales como aproximaciones al ingreso permanente a través del consumo corriente, se adoptará el enfoque intertemporal procurando medir el ingreso por el lado de las fuentes que le dan origen. En comparación con el análisis corriente, el sistema resulta ser menos regresivo, debido a que la menor progresividad de los impuestos directos es más que compensada por la menor regresividad de los tributos indirectos.

Palabras clave: impuestos; ingreso intertemporal; desigualdad.

Clasificación JEL: H2, I3, D3.

MSC2010: 62Hxx, 91B15, 91B64.

The intertemporal incidence of taxes on income distribution in Argentina

ABSTRACT

The aim of this paper is calculating the impact of taxes on inequality of lifetime income distribution in Argentina. Unlike other previous studies on the matter, which performed calculations on annual incidence or approximations on the measurement of lifetime income through current consumption expenditure, the approach to lifetime income measurement will be pursued through measuring income on the sources side. Compared to current income analysis, tax system turns out to be less regressive, given that the less progressivity of direct taxes which is more than compensated by the less regressivity of indirect taxes.

Keywords: taxes; lifetime income; inequality.

JEL classification: H2, I3, D3.

MSC2010: 62Hxx, 91B15, 91B64.



1. Introducción

El estudio del efecto de los impuestos sobre la distribución del ingreso, dentro del marco del impacto de la política fiscal, se relaciona con los problemas de equidad y justicia distributiva. Un sistema tributario satisface al valor "equidad" cuando los sectores de mayor capacidad contributiva (los de mayor ingreso) pagan una cuota de impuesto más elevada relativamente a los demás sectores.

Los modelos que estudian la incidencia de los tributos sobre la distribución del ingreso se subdividen, en términos generales, en dos categorías. El primer enfoque, y el más utilizado no sólo en aras de su mayor aceptación sino en función de su comparabilidad nacional e internacional, es el análisis de incidencia corriente.

El problema con este análisis es que el grupo de menores ingresos reúne a distintos tipos de individuos (Fullerton & Rogers, 1993): trabajadores jóvenes comenzando sus carreras con una perspectiva de ingresos futuros superiores, individuos retirados de la fuerza laboral que hubieran disfrutado anteriormente de un ingreso superior, personas con ingresos volátiles que estuvieran sufriendo un shock temporario adverso, además de los considerados pobres en sentido permanente.

El segundo de los enfoques divide a los individuos en grupos de edades utilizando modelos de ciclo de vida para determinar planes de ahorro durante el período laboral y de consumo y desahorro en el período de retiro. El objetivo de estos estudios es el de determinar patrones de incentivos al ahorro, a la formación de capital, efectos en los salarios y tasas de interés, entre otros.

El inconveniente en este caso es el hecho de que considera sólo una clase de individuos en cada grupo de edad: dado que diferentes generaciones se superponen en cada momento, no se establecen distinciones entre ricos y pobres para cada grupo de edad.

En este trabajo se procura combinar los dos enfoques a través de un análisis de incidencia intertemporal, distinguiendo entre niveles de ingreso. A diferencia de otros estudios, en donde se aproxima a la medición del ingreso mediante el consumo corriente (Gasparini, 1998; Fernández et al., 2016), aquí se lleva a cabo una medición por el lado de las fuentes, evaluando la distribución del indicador de bienestar antes y después del impacto del sistema impositivo. Este estudio tiene como propósito sugerir una metodología de cálculo del ingreso permanente, para poder evaluar el impacto intertemporal de los impuestos sobre el indicador de bienestar y comparar los resultados del mismo con los de la metodología tradicional de incidencia corriente.

El presente trabajo se estructura como sigue. En la sección 2 se realizan las consideraciones teóricas pertinentes para el análisis de los indicadores de bienestar, para la definición de la unidad de análisis y para la definición de ingreso permanente. En la sección 3 se presenta una reseña de la literatura sobre la temática, para luego especificar, en la sección 4, la metodología empleada para los cálculos de ingresos y los resultados de tales estimaciones.

En la sección 5 se dimensiona el universo de impuestos vigente en Argentina en el período bajo análisis, y la metodología de traslación, presentando los criterios de incidencia utilizados para la incidencia de la carga tributaria, mientras que en la 6 se reflejan los resultados del cálculo del impacto de los gravámenes sobre la distribución del ingreso en términos de concentración y de índices de desigualdad. En la sección 7 se reflejan las conclusiones y posibles extensiones del trabajo.

2. Aspectos metodológicos

2.1. Acerca de las limitaciones en las mediciones tradicionales de desigualdad

Existe un consenso generalizado, en particular desde el informe de 2009 de la Comisión de Medición del Desempeño Económico y del Progreso Social (Stiglitz, Sen & Fitoussi, 2009) de que las medidas del PIB son insuficientes para comprender el bienestar económico de los hogares. En la búsqueda de medidas alternativas de nivel de vida material, gran parte de la atención en los debates públicos se ha centrado en la renta de los hogares, con medidas como la renta disponible media, así como la desigualdad de ingresos.

Un importante cuestionamiento a los estudios distributivos tradicionales se refiere a las variables consideradas como indicadores de bienestar. En términos generales, los estudios distributivos suelen centrarse en la distribución del ingreso o del consumo.

En América Latina la tradición ha sido el análisis del ingreso, que es la variable usualmente recolectada en las encuestas de hogares de la región. Un estudio reciente compara, sin embargo, indicadores de desigualdad del ingreso y del consumo en América Latina, mostrando que, consistentemente con la evidencia existente para otros países, el ingreso se distribuye en forma más inequitativa que el consumo en la región (CEPAL, 2014).

Tanto el ingreso como el consumo reflejan flujos de recursos y ello entraña diversas limitaciones. Es por ello que se sugiere que la riqueza es probablemente un mejor indicador del acceso a recursos que tienen los hogares, ya que incluye la consideración de los activos financieros y no financieros que pueden transarse en el mercado. Se trata de una variable de stock que es a su vez generadora de flujos de ingresos. La riqueza es también un poderoso medio de transmisión intergeneracional, a través de las herencias.

La riqueza permite a los individuos suavizar el consumo con el tiempo y protegerlos de cambios inesperados en los ingresos. Los hogares con reservas de riqueza pueden beneficiarse de flujos de ingresos de capital que apoyan un mayor nivel de vida material. Si bien cierta riqueza se mantiene en activos que no se convierten fácilmente en dinero, su existencia puede permitir a las personas pedir prestado para financiar gastos que si no contara con ese colateral no podría hacerlo.

En el caso de la riqueza, se ha argumentado que la alta desigualdad de la riqueza, a través de la generación de ingresos de capital que normalmente se acumula en los hogares más ricos, puede profundizar aún más la desigualdad de ingresos. La desigualdad de la riqueza también puede aumentar la vulnerabilidad económica y traducirse en desigualdades políticas, movilidad social limitada y menor igualdad de oportunidades, por ejemplo, a través del papel de las herencias (Piketty, 2014; Stiglitz, 2012).

Los países desarrollados han realizado importantes esfuerzos por cuantificar la desigualdad en términos de riqueza, a partir de información de registros tributarios o de encuestas especiales donde se releva tenencia de activos y deudas (encuestas financieras). Este tipo de encuestas, llamadas encuestas de finanzas de las familias, revelan información sobre activos acumulados y deudas de los hogares, además de ingresos y gastos. Ejemplos de estas encuestas son la Survey of Consumer Finance (SCF) realizada en Estados Unidos o la Encuesta Financiera de las Familias (EFF) en el caso de España. El diseño de estas encuestas suele incluir la sobrerrepresentación (oversampling) de los hogares de mayores ingresos.

Más aún, en muchas experiencias internacionales este procedimiento se ha realizado con ayuda de las autoridades tributarias que proporcionan información de la renta de los contribuyentes lo que permite construir, respetando el secreto estadístico, un marco muestral más preciso de los hogares con mayores ingresos. Con este tipo de información es posible analizar la distribución de la riqueza y su concentración, yendo más allá de la desigualdad de ingresos o consumo. Cabe señalar que, en los países

para los que existe información, los estudios señalan que la distribución de la riqueza es considerablemente más desigual que la de los ingresos (Davies & Shorrocks, 2000; IMF, 2014).

En América Latina, estos relevamientos están poco extendidos. Hay tres casos: i) la Encuesta Nacional sobre Niveles de Vida de los Hogares (ENNViH) de México, realizada en 2002, 2005-2006 y 2009-2012; ii) la Encuesta Financiera de Hogares (EFH) de Chile, realizada en 2007, 2011-2012, 2014 y 2017, y iii) la Encuesta Financiera de los Hogares Uruguayos (EFHU), para los períodos 2012-2014 y 2017-2015.

Avanzar hacia la recolección de información sobre riqueza en la región es, por tanto, una tarea pendiente, que puede contribuir en gran medida a la discusión sobre la factibilidad y márgenes para implementar políticas tributarias con mayor grado de progresividad, incluyendo la consideración de la imposición al capital y a las herencias.

Otra importante limitación para el análisis de la desigualdad desde una perspectiva más amplia es la escasez de datos de panel de largo alcance, que permitan observar la trayectoria de los individuos y los hogares en un período suficientemente largo de tiempo, es decir, realizar estudios de movilidad intra o intergeneracional. En el primer caso se analizan los movimientos considerando dos momentos del tiempo de la vida del individuo, mientras que en el segundo se consideran los movimientos entre generaciones (padres e hijos).

Para estos análisis, es deseable disponer de información longitudinal. Los datos de panel disponibles en la región son escasos y en la mayoría de los casos resultan de paneles rotatorios de las encuestas de hogares, que se observan por un número reducido de rondas o se recogen no sistemáticamente. Ejemplos de este tipo de información son las encuestas de panel rotatorio de Argentina, Chile, México, Brasil, Venezuela y Perú. Este tipo de datos es útil para analizar movilidad laboral, pero no es adecuado para estudios de mecanismos de transmisión intergeneracional. En esta área entonces se presenta un desafío importante orientado a mejorar la investigación y la información disponible de manera de analizar los mecanismos de transmisión de la desigualdad en la región.

A pesar de no disponer de información sistemática y continua sobre riqueza, ni tampoco información de tipo longitudinal para analizar trayectorias, la región sí dispone de este tipo de información en relación con el ingreso de los hogares y su calidad ha mejorado en las últimas décadas.

La discusión sobre el indicador de bienestar y la unidad de análisis a seleccionar se fundamenta en las siguientes alternativas:

- Elección del horizonte temporal del indicador de bienestar: ingreso corriente o ingreso intertemporal.
- Medición del ingreso intertemporal: a través de las fuentes o por el lado de los usos (consumo corriente como proxy).
- Definición de la unidad de análisis: elección entre individuos o familias como unidad de análisis.

A continuación, se llevan a cabo consideraciones para cada ítem en particular que sustentan la elección del enfoque aplicado para este estudio. En el siguiente apartado se describe la metodología aplicada para el cálculo del ingreso en este trabajo.

2.2. Elección del horizonte temporal

Los estudios tradicionales de incidencia ordenan a la unidad de análisis (individuos o familias) por el nivel de ingreso corriente. Sin embargo, si un individuo puede trasladar consumo entre períodos, su bienestar está más relacionado con el ingreso permanente. El ordenamiento según ingreso corriente puede llevar a resultados sesgados al incluir a un individuo en un estrato muy bajo de ingreso, cuando

quizás éste solo estaba atravesando un shock negativo transitorio o se encontraba en un período del ciclo de vida donde sus ingresos eran bajos. Este individuo puede mantener un nivel de vida relativamente alto aún cuando sus ingresos corrientes son transitoriamente reducidos.

El análisis habitual que toma como indicador de bienestar al ingreso corriente individual permite calcular el impacto distributivo entre los grupos de individuos, pero los resultados no arrojan conclusiones sobre cada uno de los tipos de individuos en particular.

A través del enfoque del ingreso del ciclo de vida se calculan las redistribuciones entre los jóvenes, las generaciones intermedias y los de edad avanzada, pero no entre ricos y pobres. Al dividir a los individuos en grupos de edades utilizando modelos de ciclo de vida para determinar planes de ahorro durante el período laboral y de consumo y desahorro en el período de retiro, el objetivo de estos estudios es el de determinar patrones de incentivos al ahorro, a la formación de capital, efectos en los salarios y tasas de interés, entre otros.

El estudio tradicional de incidencia anual agrupa a individuos de diferentes edades que tengan al momento un nivel de ingreso similar; el enfoque de ciclo de vida reúne individuos con diferente ingreso que tengan la misma edad. Individuos de diferente edad consumen diferentes bienes, ofrecen distinta cantidad de trabajo y, por ende, soportan distintas proporciones de la carga tributaria.

La distinción entre las perspectivas de ingresos anuales y permanentes no sería relevante si el ingreso de cada persona no cambiase a lo largo de su ciclo de vida. En este caso, el ingreso anual reflejaría apropiadamente el ingreso intertemporal y en función de ello no cambiarían las categorías de bienestar en que cada individuo se vería ubicado a lo largo de su vida: la categoría de menores ingresos anuales incluiría a los mismos individuos que la de los menores ingresos permanentes.

La primera diferencia entre ambos enfoques surge al evaluar el comportamiento de los ingresos individuales a lo largo del ciclo de vida; los ingresos crecen al inicio, se estabilizan en el tramo intermedio para luego decaer hacia el final. Este patrón reúne a jóvenes y viejos, ricos desde el punto de vista permanente pero pobres desde el punto de vista corriente.

La segunda diferencia surge por la volatilidad de los ingresos. Individuos autónomos que tengan una renta permanente promedio pueden ser dispuestos en una categoría de ingresos anuales elevada o baja, de acuerdo al momento en que se lleve a cabo el estudio; se sobreestima la carga tributaria que soportan los individuos si éstos pueden acceder a ingresos futuros más elevados.

En este trabajo se procura combinar los dos enfoques a través de un análisis de incidencia intertemporal, distinguiendo entre niveles de ingreso clasificando a los individuos de acuerdo al ingreso en todo el período de su ciclo de vida: cada persona será rica o pobre y, por ende, estará clasificada en un estrato alto o bajo de ingreso si su patrón de ingreso intertemporal es alto o bajo. Por lo tanto, se incluyen implícitamente dentro de la estimación el efecto edad y el efecto crecimiento económico, al utilizar los valores reales de los ingresos. El análisis intertemporal evita que los resultados estén sesgados por motivos transitorios.

2.3. Medición del ingreso permanente

En lo que respecta a la medición del ingreso permanente, conviene analizar la restricción presupuestaria intertemporal para ilustrar las dos maneras alternativas. La misma es la siguiente (Fullerton & Rogers, 1994):

$$\underbrace{\sum_{t=0}^T \left(\sum_{i=1}^N \frac{P_{it} C_{it}}{(1+r)^t} + \frac{R_t}{(1+r)^t} \right)}_{usos} = \underbrace{\sum_{t=0}^T \left(\frac{w_t L_t}{(1+r)^t} + \frac{H_t}{(1+r)^t} \right)}_{fuentes}$$

donde T es el número de períodos que vive un individuo, N es el número de bienes que consume, p_{it} el precio final, incluido impuestos, del bien i en el período t , c_{it} las cantidades consumidas de i en t , R_t el valor de los regalos que el individuo hace o las herencias que deja, w_t el salario horario, L_t la cantidad de horas trabajadas, y H_t el valor de los regalos o herencias que el individuo recibe. Finalmente, r es la tasa de interés que, para simplificar, se supone constante.

El término ubicado a la derecha del signo igual representa las fuentes de ingreso: el ingreso permanente se compone de los ingresos provenientes del trabajo recibidos a lo largo de toda la vida, más los regalos y herencias. El término ubicado a la izquierda del signo igual es el de los usos del ingreso: consumo de bienes y regalos.

La estimación por el lado de las fuentes exige la predicción de los ingresos del individuo en el tiempo, es decir, requiere la estimación de un perfil de ingresos. Para ello es preciso contar con datos de panel. La estimación del lado de los usos es más sencilla si se acepta el supuesto de que los individuos buscan suavizar su sendero de consumo en el tiempo. En el extremo, el consumo es constante e igual a una proporción del ingreso permanente por lo que, ignorando las herencias y los regalos, el ordenamiento por consumo corriente coincide con el ordenamiento por ingreso permanente.

Sin embargo, existen ciertas limitaciones cuando se usa consumo corriente como proxy del ingreso permanente. El uso del consumo corriente como proxy del ingreso permanente requiere el supuesto de un mercado de capitales perfecto para poder establecer una relación entre ambas variables. De no hacer este supuesto, esta relación se debilita y el análisis pierde sentido, ya que algunos individuos presentan restricciones de liquidez y no pueden tomar prestado dinero para trasladar el consumo en el tiempo.

De hecho, uno de los argumentos que habitualmente se utiliza como crítica al enfoque de incidencia corriente es el hecho de que, pese a que supone implícitamente la imposibilidad de acceder a los mercados de capital (dado que clasifica como pobres a individuos de ingresos altos que hayan sufrido un shock negativo transitorio, pero que pueden mantener un ingreso intertemporal elevado por ser jóvenes o retirados de la fuerza laboral que pueden desahorrar) se verifica, sobre todo para los tramos de ingresos inferiores, una propensión a consumir mayor que 1, lo que significa que esos individuos desahorran o se endeudan contra su ingreso futuro para poder consumir en el presente. Si existiera algún individuo que pudiera consumir en una proporción menor que su ingreso, significa que puede ahorrar una proporción de su ingreso para utilizarlo ante una reducción de los mismos; por lo tanto, usa el ingreso en más de un período en sus decisiones de consumir.

Por otra parte, también se está asumiendo que el ingreso obtenido a lo largo de toda la vida se consume íntegramente, que no se dejan herencias ni se hacen regalos. De esta manera, al hacer este supuesto se estaría sobreestimando el gasto en consumo y afectando los resultados de incidencia.

La base de todo este argumento tiene sus orígenes en la teoría del ingreso permanente. Si muchos individuos con bajos ingresos son solo temporalmente pobres, y si sus decisiones de consumo se hacen teniendo en cuenta el ingreso percibido a lo largo de su vida, calcular la carga del impuesto basada en datos de un solo año puede llevar a sobreestimar la carga que soporta este grupo e inversamente a subestimar la soportada por los individuos que por motivos temporales perciben altos ingresos. El ingreso permanente evita este problema al tener en cuenta consideraciones intertemporales.

Como se indicará en consecuencia, en este estudio se optó por establecer una medición del ingreso permanente por el lado de las fuentes del ingreso, combinando distintas ondas de las Encuestas Permanentes de Hogares con el fin de aproximar al ingreso intertemporal: dada la magnitud de la tarea, en lugar de establecer un modelo de equilibrio general se evalúa la distribución y el impacto en función de los valores presentes de los ingresos, los impuestos y el ingreso post-impuestos.

2.4. Definición de la unidad de análisis

Por lo que se refiere a la elección de la unidad de referencia para el análisis, en la mayoría de los estudios sobre incidencia se opta por categorizar a los consumidores de acuerdo al ingreso total familiar, debido al hecho de que el bienestar de un individuo depende del nivel de ingreso del hogar en el que se encuentra; el sistema impositivo utiliza al hogar como unidad de análisis por similares motivos. Sin embargo, esta práctica desconoce que el nivel de bienestar depende no sólo del ingreso familiar sino también del tamaño y composición del hogar.

La otra práctica extrema consiste en computar, para intentar aproximar al bienestar, el ingreso per cápita familiar, lo que implica ignorar que las necesidades de una persona difieren por edad y que existen economías de escala en el consumo del hogar.

Una alternativa empleada en los estudios más recientes es ajustar el ingreso familiar por la cantidad de adultos equivalentes y por las economías de escala que surgen de vivir en hogares numerosos y compartir el consumo de bienes públicos familiares. El ajuste por adulto equivalente tiende a homogeneizar la unidad familia, distinguiendo su composición según la edad de sus componentes. El ajuste por economía de escala tiene en cuenta el tamaño de la familia al postular que, cuando aumenta el número de miembros dentro del hogar, crece la posibilidad de compartir bienes y correlativamente el bienestar.

En una perspectiva intertemporal, sin embargo, resulta difícil dimensionar el concepto del ciclo de vida de un hogar. La composición del mismo varía a lo largo del ciclo de vida debido a matrimonios, divorcios, nacimientos, defunciones y movimientos dentro y fuera del mismo por parte de hijos o familiares relacionados. Por esta razón es que se evalúa en este estudio la distribución del ingreso de ciclo de vida de los individuos en lugar de familias.

3. Revisión de la literatura

Los estudios sobre incidencia tributaria más difundidos para el caso argentino (Gasparini, 1998; Gómez et al., 2002; Gómez et al., 2013; Fernández et al., 2016; Rossignolo, 2016) consideran al ingreso corriente como indicador de bienestar básico, efectuando sus estimaciones a partir de ese supuesto. Sin embargo, y como quedó ya expresado, existen otros indicadores alternativos que pueden ser utilizados para intentar aproximar al bienestar de la población y que encuentran sustentación en el concepto de ingreso permanente. En el extremo, estos engloban a los anteriores, considerándolos en el caso de máxima restricción de liquidez, ante la imposibilidad de acceder al mercado de crédito para endeudarse y consumir por encima de su ingreso actual.

Los diversos estudios existentes para el caso de los Estados Unidos dado que no se registran antecedentes para Argentina, pueden clasificarse en dos importantes vertientes, a partir de la posibilidad de medir el ingreso permanente por el lado de las fuentes o de los usos. A través del ciclo de vida de los individuos, puede suponerse que el valor presente de los ingresos que perciba cada uno de ellos durante su existencia, además de las herencias recibidas, debe ser equivalente al valor presente del consumo que lleve a cabo, considerando también a las herencias que éste determine. Puede juzgarse, entonces, como que ambos resultan teóricamente equivalentes al momento de aproximar al concepto de ingreso permanente.

Al estimar por el lado de los usos, es decir, a través del consumo corriente, Poterba (1989) lleva a cabo una evaluación parcial de la incidencia de los impuestos sobre la distribución del ingreso en los Estados Unidos. A partir de estimar una carga tributaria anual sobre el nivel de bienestar intertemporal, dado por el consumo, para acercarse a una estimación de la capacidad de pago, calcula el impacto de impuestos específicos (excise taxes) como el referido al alcohol, a la gasolina y al tabaco, encontrando una menor regresividad en ellos en contraposición a lo que ocurre en un análisis de incidencia anual.

Este resultado es debido a la menor volatilidad que presenta el consumo con relación al ingreso, estimándose como mejor aproximación al bienestar de los individuos. Metcalf (1996) lleva a cabo un análisis similar, pero tomando en consideración a los impuestos estatales y locales, llegando a una conclusión similar: la menor regresividad de los mismos en comparación a la que ocurriría en un enfoque corriente.

Con el fin de estimar el patrón de ingresos a través del tiempo de cada uno de los individuos, por el lado de las fuentes es necesario contar con datos de panel, tales que evalúen las distintas etapas por las que atraviesa, en cuanto a su remuneración, cada persona en particular, para llevar al concepto de ciclo de vida. Los restantes estudios sobre incidencia, para los Estados Unidos, utilizan los datos del PSID (Panel Study of Income Dynamics de la Universidad de Michigan) para el ingreso intertemporal.

El análisis de Caspersen y Metcalf (1995) evalúa la posibilidad de establecer un impuesto al valor agregado, comparando las estimaciones de ingreso intertemporal tanto por el lado de los usos como por el de las fuentes, mediante un análisis de carga anual sobre el ingreso permanente para evaluar la capacidad de pago. A través del ciclo de vida, el VAT aparece como menos regresivo que en el cálculo de incidencia anual; entretanto, cuando el consumo corriente se utiliza para aproximar al ingreso permanente, el impuesto es proporcional por definición. La introducción de exenciones, de ostensible mayor impacto en los deciles de ingresos inferiores, como las que surgen de algunos alimentos, viviendas y servicios para la salud, hacen que el VAT aparezca como menos regresivo aún, mientras que al utilizar al consumo como indicador de bienestar, el impuesto resulta ligeramente progresivo.

Fullerton y Rogers (1991, 1993, 1994) llevan a cabo el estudio sobre incidencia intertemporal del sistema impositivo en su conjunto para el mismo país: es decir, replican el estudio pionero de Pechman, pero en un contexto intertemporal. Basándose en la información provista por el Consumer Expenditure Survey, además del PSID, estiman el perfil de salarios a través del tiempo, comparándolo con el consumo medido de la misma manera, evaluando la capacidad de pago de los individuos en forma intertemporal en cuanto a la carga que les representan los tributos. Encuentran que el impuesto a las ganancias, tanto el de las sociedades de capital como el personal, aparecen menos progresivos que en un análisis corriente; los impuestos a las ventas y a los bienes específicos, contrario sensu, son juzgados como menos regresivos. En definitiva, arriban a la conclusión de que la incidencia global del sistema es aproximadamente la misma que la calculada en el análisis corriente, es decir, con un patrón cercano a la proporcionalidad.

La referencia obligada para este tipo de estudios es Fullerton y Rogers (1993); allí se lleva a cabo un análisis intertemporal de equilibrio general para Estados Unidos, contando con los datos reales de panel sobre ingresos e impuestos pagados

Más recientemente, Sartor y Polin (2009) evalúan la incidencia presupuestaria del ciclo de vida de las familias a partir de considerar en forma conjunta todos los impuestos y programas de gasto público considerando una definición familiar innovadora. Mediante la misma logran concluir que las políticas públicas impactan fuertemente en la equidad hacia familias de edad elevada y baja participación laboral femenina.

Vlachy (2015) diseña y testea un modelo de microsimulación para cuantificar los efectos del sistema tributario y las características del ingreso permanente en la presión impositiva efectiva para el caso de la República Checa. Los resultados muestran un sistema tributario moderadamente progresivo con un incremento de la carga impositiva soportada por los altos ingresos.

4. Metodología para el cálculo de la distribución del ingreso intertemporal

La determinación del perfil de la carga tributaria por niveles concluye con la comparación de la distribución de los ingresos antes y después de considerar los impuestos y sus efectos, lo que demuestra la importancia del conocimiento sobre la concentración del ingreso.

Cuando se procura llevar a la práctica un análisis intertemporal es necesario contar con datos de panel que determinen la evolución de ingresos e impuestos para los individuos analizados a lo largo de un determinado período de tiempo. Esta información no se encuentra disponible para Argentina; el intento de llevar a cabo el análisis debe fundamentarse en muchos supuestos y criterios ad-hoc con el fin de compatibilizar diferentes fuentes de información, con metodologías de relevamiento y presentación de resultados que difieren entre sí.

Para los datos sobre ingresos se consideró la información de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH). La EPH es la principal encuesta de hogares de Argentina, iniciada a principios de los 70 y continuada hasta el presente. Esta encuesta abarca sólo las principales aglomeraciones urbanas (más de 100.000 habitantes) del país, representando aproximadamente el 65% de la población. A los fines de este análisis, la encuesta presenta cuatro inconvenientes. El primero es el hecho de que no todos los individuos seleccionados para responder a la encuesta contestan las preguntas de ingresos; es probable que el patrón de no respuesta, además de variar en el tiempo, esté influenciado precisamente por el ingreso en lugar de ser aleatorio.

En segunda instancia, la encuesta no escapa a una de las características habituales de las encuestas a hogares, que es la subdeclaración de ingresos. Si la subdeclaración fuera proporcional al ingreso real para todos los individuos, la distribución del bienestar y la incidencia tributaria no se vería afectada. Sin embargo, la misma varía por fuentes de ingreso: asalariados, autónomos, empleadores, rentistas y jubilados presentan distintos patrones de comportamiento al compararlos con las cifras marco, que son las de Cuentas Nacionales, según la mayoría de los estudios en la materia.

Sin embargo, el inconveniente más relevante para la construcción del panel de ingresos resulta ser la propia estructura de panel rotativo de la EPH, que hace que no pueda seguirse a un hogar por más de un año, como máximo, por lo que se pierde la relación entre ese hogar y la evolución de sus ingresos.

En último lugar, y como es sabido, en la encuesta no se relevan aspectos de consumos ni obviamente de impuestos pagados o declarados. Para estos fines es menester recurrir a otras fuentes de datos, como los resultados agregados de la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares, que revela ingresos y consumos cada diez años, con distinta metodología y universo de análisis, y la información tributaria que surge del total de recaudación impositiva y de las declaraciones juradas de los tributos que deben hacerse coincidir en determinados órdenes de magnitud.

En función de lo comentado, se explicitan a continuación todos los cálculos llevados a cabo para el estudio. Cabe consignar que el objetivo fundamental, como fuera expuesto con anterioridad, es la construcción del panel de ingreso permanente, con el fin de calcular la desigualdad en la distribución del flujo descontado del mismo a través de la evaluación de los índices.

Para la estimación del ingreso intertemporal, se siguieron una serie de pasos que se mencionan a continuación, a partir de los datos de la EPH, ondas de octubre para los períodos 1990-1999 para el total país (la elección del período mencionado corresponde a la homogeneidad de la información de la EPH y la constancia de la estructura tributaria del decenio, como se explicitará en el apartado respectivo):

- a. Ajuste por no respuesta.
- b. Tratamiento de la brecha de la información de la encuesta con los datos registrales y de Cuentas Nacionales.

- c. Construcción del panel de ingresos para todo el ciclo de vida de los individuos de la muestra.
- d. Ordenación por deciles de ingreso intertemporal de los individuos y evaluación de los indicadores de desigualdad.

A continuación, se explicitarán en forma sintética los procedimientos empleados para cada una de las instancias y los resultados de cada metodología.

4.1. Ajuste por no respuesta

La idea inicial de este proceso es efectuar el ajuste por no respuesta, a través de la imputación de ingresos mediante descomposiciones microeconómicas. Para cada una de las ondas o periodos disponibles, se separaron los ingresos declarados en la Encuesta Permanente de Hogares para cada una de las diversas fuentes. El cálculo del ingreso para los que no responden se llevó a cabo a través de aplicar los coeficientes de una regresión multivariada, en la que se explica el comportamiento del mismo a partir de características laborales, demográficas y socioeconómicas. Ello implicó la definición de las variables a utilizar como explicativas y dependientes a través del agrupamiento de las variables de la encuesta.

Se reflejarán, a modo de ejemplo, sólo los resultados para octubre de 1998 del aglomerado Gran Buenos Aires. Cabe consignar que se efectuó un procedimiento análogo, tanto para cada uno de los restantes 27 aglomerados del mismo período, como para el aglomerado GBA para los años 1990 a 1999 inclusive. Para realizar las imputaciones se dividieron a los individuos en seis fuentes distintas de ingreso, a saber: asalariados, autónomos, rentistas, empleadores y jubilados: se ejemplificará con el ingreso por fuente asalariado. Debido a la dificultad de las encuestas en captar herencias, regalos y transferencias para autoconsumo, estas fuentes de ingreso se excluyen del análisis. Vale aclarar que a lo largo del trabajo se supone que la oferta de trabajo es exógena, debido principalmente a las restricciones a la cantidad de horas que un individuo puede trabajar y al hecho de que se considera el ingreso por fuentes que no dependen necesariamente de la cantidad de horas trabajadas, como rentas y jubilaciones. Por ello, el cálculo del ingreso por el lado de las fuentes se concentra en los ingresos totales en lugar del salario horario.

Se estimó el logaritmo del ingreso total laboral mensual de asalariados, ya sea de ocupación principal o secundaria, para los individuos ocupados, con horas trabajadas inferiores a 85 y con edad entre 14 y 74 años. Como variables explicativas se incluyeron, la edad, edad al cuadrado y al cubo, dummies para menor de 18 años y para mayor de 60, el sexo, el estado civil, la antigüedad en el empleo, la rama de actividad económica según la EPH, el nivel educativo con variables dummy (primaria completa, secundaria completa e incompleta y superior completa e incompleta), la existencia de algún beneficio social, y la presencia de alguna otra fuente de ingreso, para determinar la influencia de aquella sobre el ingreso de la fuente.

Para los autónomos, la variable a explicar es el logaritmo de su ingreso. Entre las explicativas, la existencia de otra ocupación se define por "otfue_cp". Una imputación similar se realizó para el caso de los patrones o empleadores, para determinar el logaritmo de su ingreso en función de las variables explicativas definidas anteriormente, reemplazando la existencia de otra fuente de ingresos por "otfue_em".

Para los rentistas, entretanto, se resumieron todos los ingresos provenientes de alquileres, rentas, intereses, utilidades, beneficios o dividendos, extendiendo la muestra a todos los individuos: ocupados, desocupados e inactivos. Las variables explicativas son idénticas que para los casos anteriores, solo reemplazando la existencia de otra fuente de ingresos ("otfue_re").

En el caso de los jubilados, la estimación se realizó para todos los individuos de la muestra, pero restringiendo las variables explicativas a la edad, edad al cuadrado y al cubo, el sexo (igual a 1 si es hombre), el estado civil (igual a 1 si es casado), el nivel educativo (primaria completa, secundaria

incompleta, secundaria completa, superior incompleta y superior completa, excluyendo primaria incompleta, tomada como categoría base, y la existencia de algún otro ingreso (definida como “otfue_ju”).

Se realizó otra estimación de ingresos para todos aquellos no comprendidos en las clasificaciones anteriores, abarcando a todo el resto de ingresos en efectivo, en especie, donaciones, becas, indemnizaciones, cuotas de alimentos, aportes de personas que no viven en el hogar y subsidios restantes. Las variables explicativas son idénticas a las empleadas en el modelo de rentistas, excluyendo la existencia de otra fuente de ingresos.

Los resultados de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios ponderados parecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Imputaciones de ingresos no declarados.

Variables	Log ingreso asalariados			Log ingreso cuentapropia			Log ingreso empleadores			Log ingreso rentistas			Log ingreso jubilados			Log otros ingresos		
	Coef.	t	P>	Coef.	t	P>	Coef.	t	P>	Coef.	t	P>	Coef.	t	P>	Coef.	t	P>
edad	0.097209	4.337	0	0.192603	3.689	0	0.141303	1.157	0.25	-0.267931	-1.3	0.2	0.071465	2.883	0	0.026051	0.621	0.54
edad2	-0.001723	-3.07	0	-0.003934	-3.43	0	-0.002453	-1.04	0.3	0.005242	1.316	0.19	-0.000879	-1.86	0.06	-0.00033	-0.37	0.72
edad3	0.000009	1.919	0.06	2.51E-05	3.105	0	0.000012	0.867	0.39	-0.000031	-1.33	0.19	3.25E-06	1.173	0.24	1.68E-06	0.295	0.77
u18	-0.370345	-3.7	0	-0.047832	-0.15	0.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.712344	-2.24	0.03
o60	0.100925	0.948	0.34	-0.118052	-0.66	0.51	-0.12247	-0.41	0.68	-1.173436	-1.84	0.07	-	-	-	-0.477204	-1.44	0.15
hombre	0.300434	10.23	0	0.321556	4.296	0	0.599799	4.042	0	0.620354	1.892	0.06	0.342119	8.669	0	0.192347	1.408	0.16
casado	0.040927	1.472	0.14	0.057391	0.846	0.4	0.18427	1.244	0.22	-0.072025	-0.26	0.8	-0.076495	-1.98	0.05	0.174042	1.079	0.28
antigüe	0.012538	4.119	0	0.018809	3.028	0	0.016055	2.536	0.01	0.006026	0.263	0.79	-	-	-	0.020255	0.997	0.32
formal	0.409653	13.18	0	0.738258	4.56	0	-	-	-	0.224695	0.277	0.78	-	-	-	0.013213	0.066	0.95
rama1	-0.004271	-0.02	0.99	-0.75768	-2.22	0.03	-0.736555	-2.28	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
rama3	0.172743	2.233	0.03	-0.001657	-0.01	1	-0.251824	-0.81	0.42	-1.008704	-1.76	0.08	-	-	-	-0.55477	-0.76	0.45
rama4	0.192123	2.149	0.03	0.234474	0.643	0.52	0.644159	2.18	0.03	0.293023	0.493	0.62	-	-	-	-0.054974	-0.16	0.87
rama5	0.114889	1.714	0.09	0.413512	1.709	0.09	0.047231	0.13	0.9	-1.523356	-1.25	0.22	-	-	-	-0.379496	-0.67	0.5
rama6	0.119196	1.526	0.13	0.1125	0.434	0.66	-0.087548	-0.26	0.8	-0.723397	-1.2	0.23	-	-	-	-0.193716	-0.46	0.65
rama7	0.218834	2.4	0.02	-	-	-	-	-	-	-1.323544	-1.96	0.06	-	-	-	-	-	-
rama8	0.079859	1.098	0.27	0.186308	0.933	0.35	-0.536406	-1.64	0.1	-0.595301	-0.98	0.33	-	-	-	-0.666252	-1.97	0.05
rama9	0.161045	2.263	0.02	0.660426	2.713	0.01	0.11363	0.396	0.69	-	-	-	-	-	-	-0.004628	-0.01	0.99
rama10	-0.096911	-1.37	0.17	0.292543	1.499	0.13	-0.34064	-1.27	0.21	-1.199281	-2.18	0.03	-	-	-	-0.249196	-1.24	0.22
rama11	-0.054806	-0.62	0.53	0.286853	0.987	0.32	-0.112966	-0.31	0.76	-0.724066	-0.81	0.42	-	-	-	-1.030288	-2.14	0.03
rama12	0.254111	3.785	0	0.531791	2.418	0.02	0.042785	0.138	0.89	-1.622414	-2.47	0.02	-	-	-	-0.295025	-0.67	0.5
rama13	0.289767	3.423	0	0.180959	0.471	0.64	-0.108061	-0.41	0.68	-0.767786	-1.24	0.22	-	-	-	-0.533043	-2.76	0.01
rama14	0.376681	5.186	0	0.041999	0.157	0.88	0.691008	1.856	0.07	-0.471268	-0.89	0.38	-	-	-	-0.184131	-1.14	0.25
rama15	0.117692	1.689	0.09	0.913396	3.956	0	0.559204	1.886	0.06	-0.752652	-1.44	0.16	-	-	-	-0.5046	-1.67	0.1
rama16	0.200521	2.913	0	-0.163118	-0.57	0.57	-0.297308	-0.97	0.33	-1.35308	-2.51	0.02	-	-	-	-0.170082	-0.94	0.35
rama17	-0.256609	-3.5	0	-0.179677	-0.62	0.54	-0.379929	-0.94	0.35	-2.770278	-3.86	0	-	-	-	0.023392	0.04	0.97
rama18	0.006857	0.091	0.93	0.33437	1.207	0.23	0.261715	0.835	0.41	0.02357	0.035	0.97	-	-	-	-0.190953	-0.61	0.54
rama19	0.043506	0.573	0.57	0.532785	1.991	0.05	-0.062058	-0.17	0.87	-0.064447	-0.12	0.91	-	-	-	-0.147371	-0.55	0.58
rama20	0.156465	1.716	0.09	0.051786	0.228	0.82	-0.301514	-1.04	0.3	-	-	-	-	-	-	-0.845258	-2.87	0
rama21	-0.312945	-3.69	0	0.071793	0.355	0.72	-	-	-	-1.296791	-3.01	0	-	-	-	-0.755704	-2.8	0.01
rama22	-0.152746	-1.16	0.25	0.379878	1.587	0.11	-0.323175	-1.01	0.31	-	-	-	-	-	-	0.421199	0.75	0.45
pric	-0.254707	-5.55	0	0.122674	1.351	0.18	-0.671108	-2.16	0.03	-0.093665	-0.23	0.82	0.109937	3.056	0	-0.02867	-0.15	0.88
seci	0.07405	0.384	0.7	0.349191	0.936	0.35	-0.314083	-1.16	0.25	0.279296	0.617	0.54	0.002459	0.018	0.99	0.275083	1.745	0.08
secc	-0.115469	-0.61	0.54	-0.042955	-0.12	0.91	-	-	-	0.000813	0.002	1	0.482446	3.704	0	-	-	-
supc	0.502663	10.44	0	0.800413	5.608	0	0.144375	0.675	0.5	0.217421	0.496	0.62	0.87741	8.005	0	0.527726	1.793	0.07
supi	0.067073	1.412	0.16	0.291993	1.822	0.07	-0.165944	-0.67	0.51	0.211515	0.553	0.58	0.303927	2.164	0.03	0.490067	2.659	0.01
otfue_as	-0.185107	-3.75	0	-0.240174	-1.83	0.07	-	-	-	-0.29035	-1.03	0.31	-0.180384	-4.05	0	-	-	-
_cons	4.087199	14.06	0	1.441351	1.824	0.07	4.27401	2.153	0.03	10.40436	3.148	0	3.567621	8.928	0	4.669182	7.545	0
Obs	3079			937			166			87			1200			293		
R-squared	0.4107			0.3548			0.5353			0.423			0.2516			0.2498		
F	50.02			14.14			23			11.82			30.31			3.54		

Fuente: Elaboración propia a partir de EPH.

Por ejemplo, para el caso de los asalariados tanto la edad, como el sexo, la antigüedad y la condición de formalidad en el empleo son determinantes positivos y significativos de la remuneración;

como podría esperarse, la existencia de otro ingreso influye negativamente, y también en forma significativa, en el salario.

A partir de las regresiones calculadas en el paso anterior, se establecieron los ingresos para cada una de las fuentes determinados por cada uno de los modelos, y se reemplazaron éstos en los ingresos no declarados en la encuesta de cada fuente. Dada la escasa proporción relativa de los que no declaran en relación con el total, se incrementa o disminuye ligeramente (dependiendo de la fuente de ingresos) el ingreso promedio total que surge después de efectuar los reemplazos anteriores.

El ingreso total, entonces, se calcula reemplazando en el ingreso original de los asalariados el de los que no responden por aquél calculado por el modelo. El ingreso medio, en este caso, se eleva con relación al original (nuevamente se ejemplifica para el caso de los asalariados).

4.2. Tratamiento de la brecha de las encuestas con la información registral y de Cuentas Nacionales

Sin embargo, no puede desconocerse que las encuestas de hogares, principal fuente de información para su estimación en conjunto con la de la desigualdad en la distribución del ingreso, presentan algunas limitaciones en su captación. Los problemas que emergen a este respecto son dos: la subcaptación de perceptores y la subdeclaración de ingresos.

Probablemente el obstáculo más importante en el primer caso son los problemas para capturar adecuadamente los ingresos de la parte alta de la distribución, es decir, de los más ricos. Este caso corresponde a la subcaptación de perceptores. Las encuestas no captan a los individuos con más altos niveles de ingresos. Este problema es verificable aún después de corregir por subdeclaración de ingresos; a partir de las comparaciones entre los ingresos gravados que surgen de los datos de las declaraciones juradas del Impuesto a la Renta y las simulaciones de ingresos gravados a partir de aplicar el ajuste por subdeclaración anteriormente mencionado, se advierte que surgen grandes diferencias.

En el segundo caso, lo imprescindible del ajuste se hace visible cuando, comparando los niveles de Cuentas Nacionales con los totales de las encuestas, se verifica que la subdeclaración es muy diferente según la fuente de ingreso de los perceptores. Si la misma fuera proporcional al ingreso real para todos los individuos, la distribución del bienestar y la incidencia tributaria no se vería afectada.

Para llevar a cabo este ajuste, el procedimiento habitual es efectuar una corrección por subdeclaración a partir de la información de Cuentas Nacionales, proyectando la estructura del Ingreso Disponible (cuenta del Ingreso Nacional) por factores (asalariados, autónomos, empleadores, capitalistas, jubilados y otros) a los datos de las encuestas.

Sin embargo, la metodología de ajuste por subdeclaración no está exenta de controversias. La disponibilidad de información, los universos con los que se establecen las comparaciones, las definiciones aplicables sobre ingreso disponible, que es aquel cuya cuenta se emplea para el ajuste, determinan que no exista una metodología homogénea e incontrastable con el fin de aplicarla a lo largo de los distintos períodos.

4.2.1. La utilización de los registros tributarios para el cálculo de los ingresos elevados

Ha existido recientemente un marcado esfuerzo en revitalizar los estudios sobre la distribución de los ingresos más elevados utilizando información de las declaraciones juradas del impuesto sobre la renta personal, que habían sido dejados de lado ante el surgimiento de las investigaciones llevadas a cabo con los microdatos provenientes de encuestas de hogares.

Estos trabajos han sido compilados en varias publicaciones recientes, las más importantes de las cuales están reunidas en las publicaciones de Atkinson y Piketty (2010). Cabe decir que la información sobre ingresos permite, siempre de acuerdo a las características legislativas de cada país, discriminar el

ingreso según su fuente, lo que habilita para analizar los cambios en la composición de los ingresos (asalariados, renta del capital, cuenta propia, empleadores, etc.) de los tramos más elevados. Lustig (2019) presenta una detallada descripción de las metodologías utilizadas para captar a los individuos de altos ingresos que no son captados en las encuestas de hogares.

Cuando la distribución de la población objetivo y la de la muestra no provienen de la misma fuente de información, la reponderación de la información de la muestra no resulta útil para corregir por los individuos de altos ingresos faltantes debido al hecho de que existen ingresos cuyas ponderaciones no pueden ser reemplazadas porque no existen en la muestra (Lustig, 2019). En este caso se plantea el reemplazo de la "cola" más elevada de la distribución con una función paramétrica porque sus parámetros estarían siendo estimados con datos de la muestra que adolecen de la corrección necesaria.

Más recientemente, De Rosa et al, (2020) construyen las denominadas Cuentas Nacionales Distribucionales, mediante la complementación de información de encuestas de hogares, registros tributarios y Cuentas Nacionales con el fin de proporcionar un perfil más adecuado del verdadero nivel de desigualdad en América Latina.

4.2.2. Metodología empleada

Con el fin de asignar adecuadamente la carga tributaria anual, calculada a partir de los datos macroeconómicos de Cuentas Nacionales (como se explicará oportunamente), en este trabajo se siguió la metodología del ajuste por subdeclaración de ingresos.

En América Latina, CEPAL ha aplicado tradicionalmente un ajuste de estas características (Gasparini et al., 2012) y es utilizado entre otros por Alvaredo (2010) y Jiménez y Rossignolo (2019) para la comparación con los registros tributarios y computar la participación de los altos ingresos en el caso argentino.

Este enfoque parte de un control externo total, como los datos de ingresos provenientes de las Cuentas Nacionales (Piketty, 2003; Piketty & Saez, 2003) para Francia y Estados Unidos. Esta metodología apunta a ajustar la información impositiva de manera homogénea, corrigiendo por ejemplo por ingresos faltantes. De acuerdo con lo explicitado anteriormente, la misma es conceptualmente asimilable a la metodología empleada para ajustar los datos de las Encuestas de Hogares.

Los siguientes pasos son necesarios para vincular los ingresos de Cuentas Nacionales con los provenientes de las declaraciones juradas del impuesto a la Renta y las encuestas de hogares. La metodología arranca desde el ingreso personal, corrigiendo por los ingresos no provenientes de los hogares (incluye los fondos de pensión) y las contribuciones y aportes a la seguridad social tanto por parte de los empleadores como de los asalariados.

Se inicia con el valor del PBI a precios de mercado y se suman y restan conceptos hasta determinar al Ingreso Neto Disponible del sector Familias. Los rubros de mayor importancia excluidos del Ingreso Neto Disponible son: los Impuestos Indirectos, las Amortizaciones del Capital Fijo, los Impuestos Directos, el Excedente de Explotación no distribuido y el Servicio de la Vivienda imputado y la detracción de los Impuestos Directos y las Utilidades no distribuidas de empresa. Al flujo de ingresos se sumaron las transferencias que benefician al sector Familias, dentro de las cuales las Jubilaciones y Pensiones representan la mayor parte (Gómez et al, 2002). En este caso, en promedio para todo el período analizado, el ingreso disponible representa alrededor del 58% del PBI a precios de mercado.

Es una práctica habitual, sin embargo, considerar que las encuestas captan relativamente bien los ingresos por jubilación o trabajo asalariado, pero fallan en registrar adecuadamente los ingresos del capital. Como la participación de las categorías de ingresos (asalariados, jubilados, patrones, autónomos, rentistas) es diferente en cada decil (en particular, los ingresos de las personas ricas están

compuestos en una mayor proporción por ingresos de capital), el hecho de no incluir un ajuste implicaría que los ingresos de estas personas tenderían a estar más subvalorados que el resto. Como la participación de esas categorías (asalariados, jubilados, patrones, autónomos, rentistas) es diferente en cada decil, el ajuste por categorías lleva naturalmente a un ajuste por deciles (Gómez et al., 2002).

Una vez reemplazados los ingresos no declarados por los imputados, se compara el total de los ingresos por fuente surgidos de las EPH con el total de los datos estimados proveniente de la cuenta del ingreso de las Cuentas Nacionales. El hecho de utilizar para la definición del ingreso el total percibido por cada uno de los individuos, más allá de que sea o no el salario de su ocupación principal, hace que el total del sumatorio de todos los ingresos por las distintas fuentes no pueda compatibilizarse con el ingreso disponible de las Cuentas Nacionales, por lo que el análisis se llevó a cabo para cada fuente en particular.

La diferencia que surge entre los datos de Cuentas Nacionales y los sumatorios de los ingresos por fuente (asalariados, autónomos, empleadores, rentistas y jubilados) de la EPH originan ajustes por los coeficientes de subdeclaración por fuente, los que se diferenciaron proporcionalmente por quintil de ingresos y se aplicaron a cada uno de los periodos a precios de 1998.

Tabla 2. Estimación de los coeficientes de corrección por quintiles usando los coeficientes por fuente (1998).

	Promedio	1	2	3	4	5
Asalariados	1,271	1,186	1,222	1,246	1,258	1,331
Autónomos	1,834	1,652	1,709	1,721	1,812	1,926
Empleadores	1,834	1,652	1,709	1,721	1,812	1,926
Rentistas	14,155	12,481	12,897	12,934	13,637	14,487
Jubilados	2,156	2,039	2,078	2,137	2,156	2,294

Fuente: Elaboración propia a partir de EPH.

Para evaluar el impacto en la distribución de todas las estimaciones, se calculó el índice de Gini para cada uno de los años y para las tres alternativas de ingresos (Tabla 3), a saber: los ingresos originales, los ingresos corregidos por imputación de no declarantes y los ingresos corregidos por no respuesta y por subdeclaración por fuente y por quintil. Los siguientes son los valores que surgen para los indicadores de bienestar definidos por el ingreso per cápita familiar y el ingreso por adulto equivalente y economías de escala internas al hogar.

Puede apreciarse que la distribución resulta, en términos generales y para todos los indicadores de desigualdad, más igualitaria al realizar la imputación de los ingresos no declarados; sin embargo, la desigualdad vuelve a incrementarse al corregirse por subdeclaración de ingresos, según el índice de Gini.

4.3. Construcción del panel de ingresos

Como fuera expresado con anterioridad, la EPH no posibilita, por su estructura de panel rotativo, el seguimiento de un hogar a través del tiempo con el fin de evaluar el comportamiento de su ingreso. Esta metodología intenta replicar el Panel Study of Income Dynamics (PSID) de la Universidad de Michigan, utilizado por Fullerton y Rogers (1993) para su análisis de la incidencia intertemporal de los impuestos.

Ante este inconveniente, la construcción del panel de ingresos se sustentó en las observaciones individuales, dada la imprevisibilidad de la constitución del hogar. La unión de las observaciones entre distintos periodos se llevó a cabo construyendo “individuos” definidos a través de combinaciones de

distintos valores de algunas de las variables explicativas utilizadas para las estimaciones anteriormente explicitadas.

Tabla 3. Coeficientes de Gini.

Descripción	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
INGRESO PER CAPITA FAMILIAR										
<i>sin corregir por subdeclaración ni incorporación de ingresos no declarados</i>	0,6225	0,6195	0,5663	0,5317	0,5231	0,5483	0,5483	0,5243	0,5543	0,5573
<i>corregido por incorporación de ingresos no declarados</i>	0,5474	0,4645	0,4326	0,4612	0,4835	0,5068	0,5068	0,5074	0,5223	0,5214
<i>corregido por incorporación de ingresos no declarados y subdeclaración</i>	0,6302	0,6171	0,5124	0,5551	0,5434	0,6019	0,6019	0,5893	0,5905	0,5846
INGRESO POR ADULTO EQUIVALENTE Y ECONOMÍAS DE ESCALA										
<i>sin corregir por subdeclaración ni incorporación de ingresos no declarados</i>	0,6049	0,6010	0,5483	0,5108	0,5005	0,5278	0,5360	0,5028	0,5324	0,5379
<i>corregido por incorporación de ingresos no declarados</i>	0,5321	0,4397	0,4095	0,4373	0,4550	0,4825	0,4718	0,4832	0,4997	0,5011
<i>corregido por incorporación de ingresos no declarados y subdeclaración</i>	0,6431	0,6015	0,4938	0,5408	0,5162	0,5814	0,5373	0,5705	0,5692	0,5654

Fuente: Elaboración propia a partir de EPH.

Para cada edad de la muestra, se definen combinaciones distintas de cinco variables dummy que se suponen invariables por el resto del período de vida del individuo. Para cada edad, y para cada período u onda, existen 32 combinaciones distintas posibles de “individuos” en función de los valores 0 o 1 de las variables mencionadas.

Las variables empleadas para las combinaciones fueron las siguientes:

- Edad (creciente y correlativa para cada uno de los individuos de la muestra)
- Sexo
- Estado civil
- Nivel educativo primario completo
- Nivel educativo secundario completo
- Nivel educativo superior completo

Dado que en la EPH no puede seguirse el hogar para todo el período analizado, se optó por efectuar una agregación de las bases según las características de cada uno de los individuos de la muestra: es decir, se agregaron los registros de los periodos tomando en cuenta individuos “similares”: según edad correlativa, sexo, estado civil, y grado de educación, conformando la base solo con observaciones que tuvieran en común todas las características en todas los periodos, con lo que se conforma un panel con alrededor de 12.000 observaciones. De esta forma pueden armarse, para cada individuo, una ventana de diez años de ingresos. La dificultad existente en el armado del panel hace que los ingresos, durante esa ventana de diez años, sean muy variables.

Una vez calculados los ingresos por fuente a valores reales y anualizados, se unifican las diez ondas mediante las combinaciones por años de edad correlativos, con lo que puede conformarse un panel para los “individuos” o “combinaciones”, a partir de considerar los ingresos medios por combinación, lo que permite poder evaluar el comportamiento de los ingresos reales. Cabe consignar que la única variable que cambia en el tiempo para todos los “individuos” es la edad; las restantes se suponen constantes para todo el ciclo de vida. A todos los individuos se les asigna el valor de la variable con la que fuera categorizado en la ventana de diez años de datos originales considerada inicialmente.

Una vez contruidos los paneles para las ventanas de diez años de edad para cada individuo, se efectúa una predicción de los ingresos de esos mismos individuos para completar los años de vida no cubiertos por dicha ventana. Cabe recordar que, como se considera como período de vida el comprendido entre los 15 y los 75 años de edad, el modelo debe predecir ingresos tanto para el futuro como para el pasado.

Las variables utilizadas para el modelo de predicción fueron las utilizadas para construir el panel, mencionadas anteriormente. En el caso de las últimas cinco variables, fueron expresadas en interacción con todas las variables de edad para que pueda utilizarse el modelo de efectos fijos en el caso de que existan variables que no fluctúen en el tiempo y que sean perfectamente colineales con el efecto fijo. Si bien el test de Breusch y Pagan indicaría la posible existencia de efecto aleatorio, a través de la prueba de Hausman se rechaza la hipótesis de exogeneidad de los regresores con relación a los términos de error, lo que haría preferir el modelo de efectos fijos.

Para el cálculo de los ingresos para los períodos no revelados dentro de la muestra, se utilizó un modelo de datos de panel con efectos fijos. En el modelo, la variable dependiente está constituida por el sumatorio de los ingresos de asalariados, autónomos, patrones y jubilados. Para el cálculo del ingreso permanente se excluyen las rentas del capital, debido a que no significarían diferentes niveles de bienestar, sino sólo decisiones sobre consumo o ahorro en distintos momentos del tiempo; dos individuos con similares patrones de ingresos laborales tendrán ingreso permanente similar, pese a que uno de ellos prefiera consumir más tarde y por ende poseer mayor ahorro inicial y consecuente renta del capital (Fullerton & Rogers, 1994).

El modelo estimado es el siguiente:

$$ingtotajreal_{it} = X_{it}\beta + d_{1t}\mu_1 + d_{2t}\mu_2 + \dots + e_{it},$$

donde X_{it} es una matriz de variables explicativas que contiene las siguientes variables: edad; edad al cuadrado; edad al cubo; edhombre (edad*hombre); edcasado (edad*casado); edpric (edad*primaria completa); edsecc (edad*secundaria completa); edsupc (edad*superior completa); ed2pric (edad al cuadrado*primaria completa); ed2secc (edad al cuadrado*secundaria completa); ed2supc (edad al cuadrado*superior completa); ed3pric (edad al cubo*primaria completa); ed3secc (edad al cubo*secundaria completa); ed3supc (edad al cubo*superior completa)

Los resultados se muestran en la Tabla 4. Puede verse que los ingresos están determinados en forma positiva y significativa por la edad, el sexo y el estado civil, y en menor medida, por el nivel educativo, sobre todo primaria completa y superior completa.

Como quedara expresado, los “individuos” o “combinaciones”, a través del modelo de efectos fijos, generan un nivel de ingresos cuyo comportamiento se predice para todos los períodos que no están incluidos en la muestra hasta alcanzar los 61 años de ingresos. Utilizando los coeficientes reflejados con anterioridad, y variando la edad y las variables combinadas con aquélla se generan los ingresos para cada año de vida del individuo.

Dado que el grado de bienestar está definido por el nivel de ingreso permanente, en lugar del ingreso corriente, se procede a calcular el valor actual de los ingresos (laborales o jubilatorios, no rentistas) descontados a una tasa de interés exógena. La fórmula empleada es la siguiente:

$$LI = \sum_{t=1}^{61} \left[(w_t) / (1+r)^{t-1} \right]$$

donde LI es el ingreso intertemporal, W el ingreso y r la tasa de descuento.

Cada individuo, formado por la combinación de variables dummy constantes a la vez que varía la edad, posee un valor presente de sus ingresos de ciclo de vida.

Tabla 4. Modelo de efectos fijos para predicción de ingresos.

Variables	Coefficientes	t	P>
edad	468,776	6,09	0
edad2	-11,65145	-6,34	0
edad3	0,0851174	6,29	0
edhombre	343,445	4,99	0
edcasado	-357,5094	-5,3	0
edpric	-252,2081	-2,89	0,004
edsecc	-45,78973	-0,51	0,609
edsupc	970,2443	8,69	0
ed2hombre	-5,85665	-3,56	0
ed2casado	10,12008	6,28	0
ed2pric	5,509867	2,65	0,008
ed2secc	1,482237	0,69	0,488
ed2supc	-15,6973	-5,89	0
ed3hombre	0,027908	2,31	0,021
ed3casado	-0,0798208	-6,72	0
ed3pric	-0,0356415	-2,33	0,02
ed3secc	-0,0118019	-0,75	0,453
ed3supc	0,065346	3,33	0,001
_cons	-5400,472	-12,83	0
Observaciones		40870	
Grupos		670	
F		94,23	
Breusch and Pagan		74,37	
Hausman		167,95	

Fuente: Elaboración propia a partir de EPH.

4.4. Ordenamiento por deciles de ingreso intertemporal de los individuos y evaluación de los indicadores de desigualdad

A partir del cálculo del valor actual de los ingresos, se clasifica a los individuos en deciles de ingreso intertemporal y se evalúa la desigualdad en la distribución a través del índice de Gini.

A modo ilustrativo se muestran en la Tabla 5 los valores de los ingresos por decil para distintos valores de la tasa de descuento. La participación por deciles difiere del ordenamiento anual (para el año 1996, tomado como ejemplo); es muy inferior para los primeros deciles y para el más alto, mientras que el octavo y noveno son los que compensan la diferencia. El índice de desigualdad es, sin embargo, mayor a medida que se incrementa la tasa de descuento y sólo supera a 1996 en el caso de la máxima tasa de descuento considerada (12%).

Tabla 5. Concentración del ingreso intertemporal y del ingreso anual por receptor.

Deciles	Valor presente ingreso intertemporal para distintas tasas de descuento					INGRESO ANUAL
	4%	6%	8%	10%	12%	1996
1	0,04%	0,05%	0,04%	0,04%	0,04%	1,58%
2	0,28%	0,30%	0,30%	0,30%	0,29%	2,68%
3	1,54%	1,43%	1,28%	1,17%	1,07%	3,62%
4	3,36%	3,04%	2,68%	2,40%	2,16%	4,49%
5	3,69%	3,42%	3,10%	2,85%	2,63%	5,40%
6	3,93%	3,80%	3,58%	3,44%	3,30%	6,58%
7	8,25%	8,32%	8,21%	8,24%	8,26%	7,94%
8	15,55%	15,67%	15,49%	15,60%	15,69%	10,34%
9	28,30%	28,66%	29,82%	30,13%	30,43%	15,00%
10	35,06%	35,31%	35,49%	35,82%	36,15%	42,37%
Totales	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

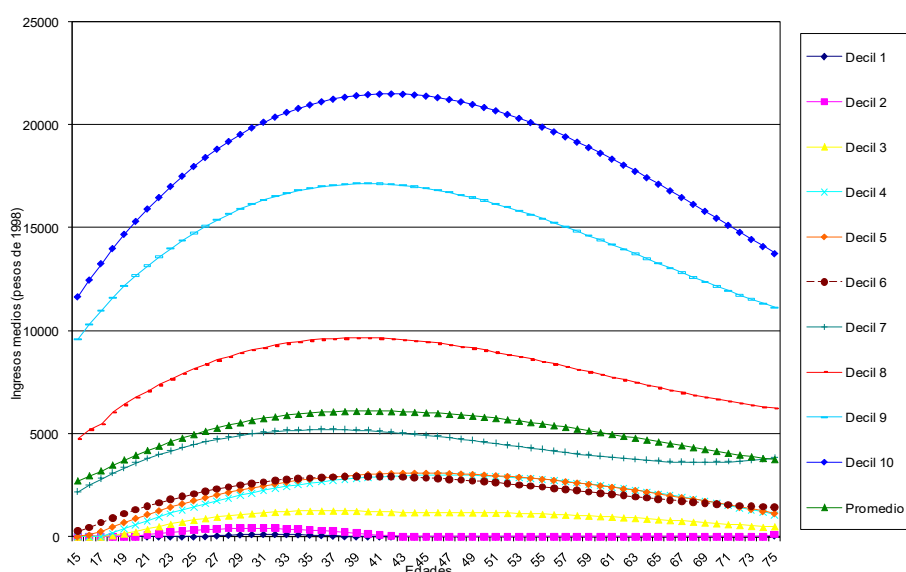
Comparación coeficientes de desigualdad

	GINI INTERTEMPORAL PARA DISTINTAS TASAS DE DESCUENTO					GINI ANUAL
	4%	6%	8%	10%	12%	1996
Valores	0,6079	0,6150	0,6456	0,6531	0,6602	0,655

Fuente: Elaboración propia a partir de EPH.

En el siguiente gráfico puede verificarse el patrón de ingresos por edad y por decil de ingreso intertemporal. Para cada decil se verifica un máximo de sus ingresos promedio anuales, en función de la estratificación intertemporal, que es diferente según la edad; para el decil más alto, el máximo se da a los 42 años, mientras que para el primero, a los 33 años de edad.

Gráfico 1. Ingresos medios anuales por decil de ingreso intertemporal.



Fuente: Elaboración propia a partir de EPH.

5. La estructura tributaria utilizada y la asignación de la carga impositiva

El insumo subsiguiente para el cálculo de incidencia tributaria es el dimensionamiento de la estructura impositiva, lo que implica la definición del universo de tributos a considerar. En una mirada de medio plazo, puede afirmarse que la recaudación tributaria en Argentina ha evidenciado notables incrementos en su nivel y en su composición en las últimas décadas. La presión tributaria total, incluyendo contribuciones sociales, se ha estabilizado en niveles cercanos a superiores al 30% del PBI alcanzados a partir de 2012, partiendo de niveles cercanos a los 19 puntos de la década 1990-2002.

La evolución de la recaudación tributaria en Argentina promedio en 1990-2001 fue del 18,7% del PBI, creciendo significativamente a 25,1% en 2002-2010, y elevándose al 30,3% en promedio para el período 2011-2019 (Rossignolo, 2021). Si bien se advierte que, por un lado, los niveles de presión tributaria de la región se encuentran muy por debajo de los países de la OCDE, Argentina presenta valores más elevados que los del promedio de América Latina (Gómez & Rossignolo, 2014).

En Argentina, la presión tributaria promedio de los ingresos tributarios indirectos, alcanzó 10,4% del PBI en 2002-2010, con un ligero crecimiento en relación con los 9,4 puntos del PBI de 1990-2001, mientras que en 2011-2019 el porcentaje se elevó al 12,5% del PBI. En relación con los ingresos tributarios directos, estos impuestos representaron, en promedio para el período 1990-2001, alrededor del 4% del PBI; crecieron al 7,4% en 2002-2010 para aumentar al 8,4% en 2011-2019.

En la comparación por clasificaciones tributarias, se advierte un aumento de la participación de los tributos directos en el período 2002-2019. En relación con los impuestos específicamente directos, el crecimiento en la recaudación impositiva se basa en el incremento en la participación del impuesto a la renta, sustentado en el aumento de base imponible determinado por el incremento en ingresos y precios, la actualización rezagada de mínimos no imponibles y la no actualización de las escalas del impuesto personal y de los balances de las sociedades que llevan, dado el crecimiento económico y de precios, a aumentar el número de contribuyentes que tributan (Rossignolo, 2021).

Si bien cuantitativamente este cambio de composición puede ser verificable, lejos está el mismo de corresponder exclusivamente a modificaciones normativas que hayan llevado a alcanzar bases imponibles no gravadas que justifiquen un salto recaudatorio de tal magnitud. Durante el período de

crecimiento de la participación de los impuestos directos no han existido variaciones de alícuotas marginales ni modificaciones sustanciales de bases imponibles (Rossignolo, 2021).

Lo anteriormente mencionado implica que decidiera utilizarse para este trabajo la estructura tributaria imperante en la década de 1990-1999, debido a la constancia en la normativa impositiva y al hecho de no haber utilizado el mecanismo inflacionario y de incremento de las tasas efectivas de manera pasiva para incrementar la recaudación tributaria (la incorporación de los derechos de exportación y la estatización del sistema de seguridad social son elementos que aparecen a partir de la década de 2000).

En relación con la asignación de la carga impositiva, el conocimiento de las normas tributarias permite una apreciación inmediata sobre quiénes son los responsables "de jure" de cada impuesto y cuál es el monto de sus obligaciones tributarias. Pero la acción de los mecanismos de percusión, traslación e incidencia de los impuestos determina que entre los conceptos de "percusión legal" e "incidencia efectiva" se produzcan diferencias esenciales.

En razón no sólo de su relativa mayor simplicidad, sino de su mayor divulgación en aras de facilitar análisis comparativos, es que se ha decidido utilizar como criterio básico el análisis de los supuestos de traslación, en un enfoque de equilibrio parcial. Este comprende, implícitamente, evaluaciones sobre las elasticidades de demanda de los bienes gravados y no gravados, la elasticidad de sustitución entre capital y trabajo, la proporción en que los factores intervienen en la función de producción, entre otros.

Si bien resulta ser éste el método más difundido, no se ignoran las dificultades que conlleva establecer hipótesis de esta naturaleza y, sobre todo, los defectos que esta formalización trae de suyo con relación a otros mecanismos de asignación. El mismo parte de un análisis de equilibrio parcial, asumiendo que cada sector es pequeño en comparación al resto de la economía; desde la imposición a varios sectores se acumulan las cargas que estos soportan y su adición genera la recaudación total.

Idealmente, el cálculo de la incidencia impositiva, en el caso de los impuestos sobre bienes, debería incluir la estimación de la variación compensatoria, lo que permitiría distinguir cuánto disminuye el ingreso como resultado de los impuestos. De acuerdo con Sahn y Younger (2003), ésta es una tarea dificultosa, tanto en términos de datos como analíticos, y los métodos utilizados mediante la aproximación de la variación compensatoria. Consecuentemente, la variación compensatoria de un cambio marginal en el precio es simplemente el cambio en el presupuesto de consumo que es necesario para mantener la cesta de consumo constante. En otras palabras, el cambio en la demanda debida al impuesto puede ser ignorada como una aproximación de primer orden (Sahn & Younger, 2003).

La necesidad de adoptar distintos supuestos sobre la traslación de la carga generada por los impuestos surge del reconocimiento de que, en la generalidad de los casos, el responsable legal del impuesto, es decir, sobre quién debería recaer el mismo, no es en definitiva quien soporta su carga.

En términos generales se asume que la carga de los impuestos directos es soportada por el responsable legal, asumiendo inelasticidad en la oferta de trabajo y la de los impuestos indirectos es trasladada hacia el precio de los bienes de consumo asumiendo demanda inelástica para los bienes de consumo.

En algunos casos la información necesaria no puede ser obtenida directamente de las encuestas, por lo que debe realizarse alguna inferencia para atribuir la carga de los impuestos de manera indirecta. De acuerdo con Bourguignon y Pereira (2003), estos métodos indirectos implican aplicar las tasas impositivas legales en impuestos sobre ingresos o imputar impuestos indirectos pagados a partir de la observación del gasto de consumo. Esta metodología, tradicional de los estudios de incidencia, se presenta también en Higgins y Lustig (2017), que explican detalladamente este procedimiento denominado *simulation method*.

Estos enfoques, denominados contables, ignoran posibles cambios de comportamiento de los agentes que pueden modificar los montos de impuestos que efectivamente pagan; este enfoque contable no detecta evasión impositiva, por ejemplo, proveniente de un aumento de las tasas impositivas en el tributo sobre la renta. Este enfoque sólo considera efectos de primera ronda y no considera los efectos de segunda ronda provenientes de cambios de comportamiento. Por ejemplo, Bourguignon y Spadaro (2006) estiman modelos de oferta de trabajo y los emplean para predecir efectos ingreso y sustitución de los cambios de la política impositiva. La dificultad proviene de identificar los cambios de comportamiento e integrarlos en el análisis.

Los efectos distributivos de los impuestos, tanto los denominados directos sobre el ingreso, como los indirectos sobre consumos y transacciones, varían su incidencia al cambiar el set de bienes consumidos con la edad y el perfil de ingresos. Debido a la ausencia de información relevante que permita efectuar el análisis mencionado, en este trabajo se asume que el patrón de consumo es constante a lo largo del ciclo de vida.

La aplicación de los criterios de incidencia sobre la distribución por deciles de ingreso ajustado por adulto equivalente y economías de escala generó coeficientes de presión tributaria por impuesto para el año 1997 calculados en Gómez et al. (2002); las discusiones metodológicas sobre los mismos se derivan a aquel trabajo. Dado que se supone una estructura tributaria constante para todo el período de vida de los individuos, estos coeficientes de presión tributaria fueron aplicados a cada uno de los ingresos calculados para cada período, lo que generó un patrón de impuestos intertemporal. El objetivo del trabajo es el de comparar los resultados sobre progresividad o regresividad del análisis intertemporal con el de incidencia corriente del trabajo mencionado.

El sistema tributario debe cumplir con los requisitos de equidad horizontal y vertical pero aplicados al enfoque intertemporal. Para cumplimentar la primera, dos individuos categorizados en similares estratos de ingreso permanente deben soportar una carga tributaria intertemporal similar; mientras que para la equidad vertical, patrones más elevados de ingreso permanente deberían pagar mayor proporción de impuestos.

Sin embargo, el enfoque intertemporal no significa que el individuo que esté situado en un estrato de bienestar elevado tenga alta capacidad de pago en términos corrientes, sino que sólo significa que ese individuo tiene capacidad de pago alta en sentido intertemporal.

Para calcular el efecto neto de los impuestos en el ingreso permanente, al valor actual del ingreso intertemporal se le restan los impuestos intertemporales y se estima el valor presente del ingreso neto de impuestos por decil de ingreso intertemporal. Así puede establecerse la desigualdad en la distribución una vez considerado el efecto de los impuestos, evaluando los indicadores de desigualdad.

6. Resultados

En este apartado del trabajo se evalúan los efectos del sistema impositivo, en términos agregados, sobre la distribución del ingreso intertemporal. El análisis se efectúa para cada impuesto y para el sistema tributario en conjunto.

En el agregado, el sistema tributario es ligeramente regresivo, aunque en la comparación con los estudios de incidencia anuales, la regresividad se atenúa. Cabe recordar que, sin embargo, la distribución del ingreso de la que se parte es menos igualitaria. El índice de Kakwani es de -0,012, mientras que el índice de Gini se incrementa al considerar el efecto de los impuestos de 0,660 a 0,669.

Tabla 6. Resumen de los índices de concentración.

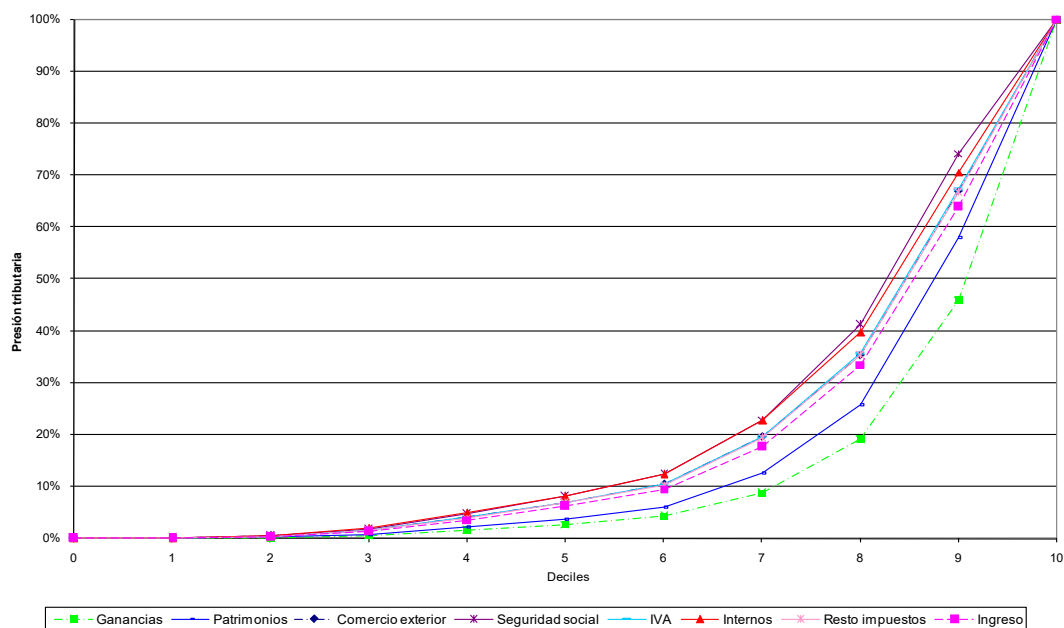
Deciles de personas de ingreso intertemporal

IMPUESTOS	Índices			
	Gini-Distribución del Ingreso	Concentración Impuestos	Kakwani	Gini Post-impuestos
Impuesto a las Ganancias	0,660	0,767	0,107	0,655
Impuestos al Patrimonio	0,660	0,714	0,054	0,659
Impuesto al Valor Agregado	0,660	0,640	-0,020	0,663
Impuestos Internos	0,660	0,610	-0,051	0,661
Seguridad social	0,660	0,600	-0,060	0,668
Comercio exterior	0,660	0,641	-0,019	0,661
Resto de impuestos	0,660	0,643	-0,017	0,662
TOTAL SISTEMA TRIBUTARIO	0,660	0,648	-0,012	0,669

Fuente: Elaboración propia.

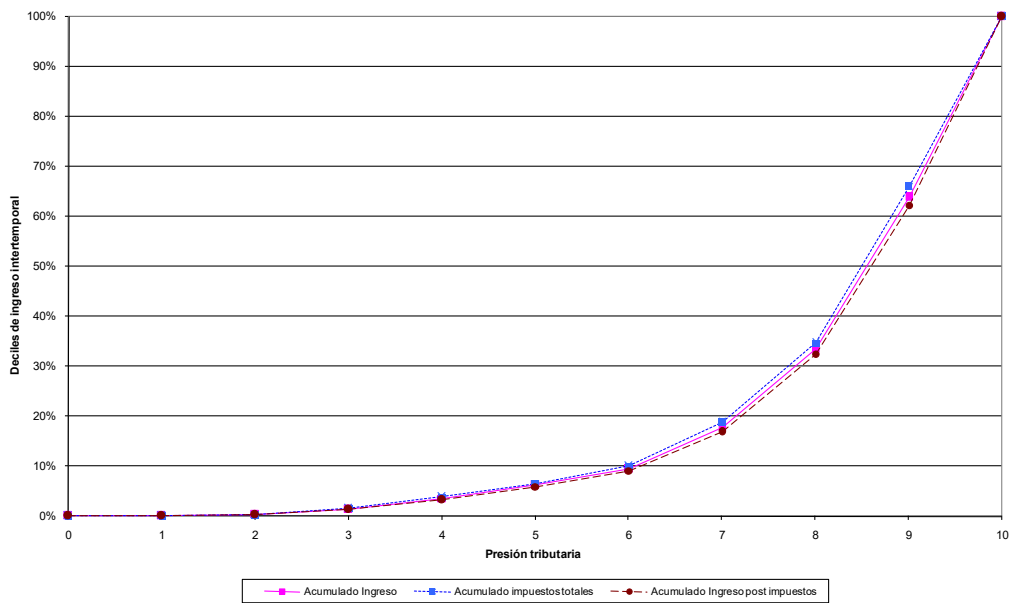
En los dos gráficos siguientes se muestran los resultados en términos de curvas de concentración, tanto de cada impuesto en particular, inicialmente, como del sistema tributario en su conjunto a partir de la comparación con el ingreso pre-impuestos. Los impuestos progresivos son ganancias y patrimonios, mientras que el resto son regresivos.

Gráfico 2. Curvas de concentración de los impuestos e ingreso intertemporal.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Distribución del ingreso intertemporal antes y después de impuestos.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se comparan los indicadores de progresividad para el cálculo anual y para la incidencia intertemporal. Puede comprobarse que, si bien el carácter de progresividad y regresividad se mantiene tanto para el sistema tributario en general como para cada impuesto en particular, los tributos que son progresivos en el análisis corriente disminuyen su progresividad (ganancias y patrimonios).

Los tributos regresivos, entretanto, si bien continúan en el análisis intertemporal con esa característica, en todos los casos la misma disminuye cuando se considera el enfoque intertemporal. La caída en la regresividad es más evidente en el caso del IVA, en donde el índice de Kakwani se reduce a menos de la mitad (-0,043 a -0,02).

En consecuencia, y tal como se desprende del análisis de los índices de Kakwani, el sistema es ligeramente regresivo, lo que se refleja en las curvas de Lorenz del ingreso pre y post impuestos, en donde esta última queda más cercana a la línea de perfecta desigualdad.

Tabla 7. Resumen de índices de concentración.

Comparación de los principales tributos

Impuestos	Índices	
	Kakwani incidencia anual	Kakwani incidencia intertemporal
Impuesto a las Ganancias	0,167	0,107
Impuestos al Patrimonio	0,087	0,054
Impuesto al Valor Agregado	-0,043	-0,020
Impuestos Internos	-0,098	-0,051
Seguridad social	-0,104	-0,060
Comercio exterior	-0,044	-0,019
TOTAL SISTEMA TRIBUTARIO	-0,026	-0,012

Fuente: Elaboración propia a partir de Gómez et al. (2002).

Dada la estructura del sistema tributario, y la mayor proporción de tributos sobre el consumo, el efecto de la reducción en la regresividad de los tributos con esa característica (en comparación con un

análisis corriente) más que compensa la caída en la progresividad de los tributos directos, con el cual el sistema en su conjunto disminuye su regresividad a menos de la mitad, según el índice de Kakwani, de un valor de -0,026 en el enfoque corriente, a -0,012 en el análisis intertemporal.

7. Conclusiones y posibles extensiones

Para llevar a cabo un estudio de incidencia existen tres características fundamentales que forman parte del mismo y que determinan en gran medida los resultados. En primer lugar, la distribución del ingreso que se toma como punto de partida para asignar la carga tributaria; en segundo lugar, la distribución de los consumos asociada a los ingresos de la población bajo estudio y, en tercer lugar, los criterios de traslación o incidencia de la carga generada por los tributos.

El objetivo de este trabajo es el de postular una metodología de cálculo del impacto del sistema tributario sobre la distribución del ingreso intertemporal en Argentina, estableciendo un estudio comparativo de sus resultados con los que surgen del análisis corriente, tanto para cada impuesto en particular como para el sistema tributario en su conjunto.

Con el fin de conformar el patrón de ingresos intertemporal, y dadas las restricciones de información para llevar a cabo el análisis, se optó por construir individuos a través de estimar los ingresos medios para cada combinación de variables dadas por la edad, el sexo, el estado civil y el nivel educativo, que se unieron entre sí mediante las edades consecutivas. El cálculo del ingreso intertemporal se llevó a cabo considerando el valor actual, para cada individuo así definido, de su patrón de ingresos.

Se asignaron los impuestos según los coeficientes de presión tributaria determinados por deciles de ingresos anuales para 1997, lo que permitió generar un patrón de impuestos pagados por combinación. De esta forma se toman en cuenta implícitamente las diferentes propensiones a consumir en función de los distintos bienes que son consumidos por los individuos. El impacto de los impuestos sobre la distribución del ingreso intertemporal se define mediante el cálculo de los índices de desigualdad para los valores actuales de ingresos, impuestos e ingreso post-impuestos.

Si bien la distribución del ingreso que resulta del enfoque intertemporal es ligeramente más desigual que la del ingreso corriente (y en mayor medida cuanto más alta sea la tasa de descuento), en términos generales, el análisis confirma la noción teórica de que cuando se utiliza alguna medida de ingreso permanente, el impacto provocado por los impuestos sobre el bienestar de los individuos es menor al que sugiere el análisis en términos corrientes.

Mediante la medición de ingreso permanente que aquí se presenta el sistema tributario resulta ser ligeramente regresivo, aunque la regresividad se atenúa con respecto al análisis de incidencia corriente. Este efecto se debe a la combinación de dos factores: por un lado, los tributos que en el análisis corriente son progresivos, reducen su progresividad en el enfoque intertemporal, mientras que los tributos regresivos en el análisis corriente también atemperan esa característica en el enfoque intertemporal. El efecto neto, dada la mayor importancia relativa de los tributos regresivos en el sistema tributario, es de una caída en la regresividad con relación al análisis corriente.

La disponibilidad de la información condiona, sobre todo para el caso argentino, la estructura del estudio y los resultados del mismo. Es evidente que la distribución del indicador de bienestar está sujeta a muy fuertes variaciones, debido, por ejemplo, a la influencia de los procesos inflacionarios sobre los ingresos monetarios. Por otro lado, la propia estructura tributaria tampoco está exenta de variabilidad, con cambios permanentes de alícuotas, modificaciones en las bases imponibles y en las exenciones que no permiten llevar a cabo un análisis basado en un patrón predecible a lo largo del tiempo.

Como futuras extensiones al trabajo pueden citarse la introducción, dentro de las ecuaciones que determinan los ingresos, de los factores observables e inobservables que influyen, por ejemplo, en la elección de la cantidad de horas que cada individuo decide trabajar, considerando a la oferta de trabajo como endógena.

La construcción de ingresos de ciclo de vida debió llevarse a cabo mediante gran cantidad de supuestos, los que determinan la configuración de los individuos. Como quedara expresado, tanto desde el punto de vista del bienestar dentro del hogar como desde la unidad tributaria es dable considerar que el mismo se corresponde en forma más acabada con una unidad mayor que la del propio individuo; de esta forma sería más apropiado basarse en la medición del ingreso ajustado por economías de escala internas al hogar. Esta modificación no estaría exenta de nuevos supuestos sobre la evolución del hogar en el ciclo de vida.

Sería menester, además, incluir dentro de las estimaciones, el relevamiento de la estructura tributaria para todos los años incluidos en el análisis, como también, una estimación más acabada de la tasa de descuento intertemporal que, sin embargo, dejaría margen para la controversia, ya que su nivel depende en exceso de las fluctuaciones macroeconómicas.

Referencias

- Alvaredo, F. (2010). The Rich in Argentina over the Twentieth Century 1932–2004. En Atkinson, A. y Piketty, T. (eds.). *Top Incomes: A Global Perspective*, Oxford University Press (pp. 253-298). <https://wid.world/document/alvaredo-facundo-2010-the-rich-in-argentina-over-the-twentieth-century-in-atkinson-a-b-and-piketty-t-editors-top-incomes-a-global-perspective-oxford-university-press-chapter-2/>
- Bourguignon, F., & Pereira da Silva, L. (2003). Evaluating the Poverty and Distributional Impact of Economic Policies: A Compendium of Existing Techniques. En Bourguignon, F. y Pereira da Silva, L. (eds.): *The Impact of Economic Policies on Poverty and Income Distribution. Evaluation Techniques and Tools*. Washington: World Bank and Oxford University Press (pp. 1-26). <https://hvtc.edu.vn/Portals/0/files/6357419387123037110-8213-5491-4.pdf>
- Bourguignon, F., & Spadaro, C. (2006). Microsimulation as a Tool for Evaluating Redistribution Policies. *The Journal of Economic Inequality*, 4, 77-106.
- Caspersen, E., & Metcalf, G. (1995). Is a Value Added Tax Regressive? Annual Versus Lifetime Incidence Measures. *National Tax Journal XLVII* (4), diciembre, 731-746.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2014). *Panorama Social de América Latina, 2014*, (LC/G.2635-P), Santiago de Chile. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37626-panorama-social-america-latina-2014>
- Davies, J., & Shorrocks, A. (2000). The Distribution of Wealth. En Atkinson, A. & Bourguignon, F., *Handbook of Income Distribution: Volume 1* (pp. 605-675). Elsevier Science B.
- De Rosa, M., Flores, I., & Morgan, M. (2020). Inequality in Latin America Revisited: Insights from Distributional National Accounts *World Inequality Lab - Technical Note N° 2020/02*.

https://wid.world/document/inequality-in-latin-america-revisited-insights-from-distributional-national-accounts-world-inequality-lab-issue-brief-2020_09/

- Fernández, D., Guardarucci, I., & Puig, J. (2016). Incidencia distributiva del sistema tributario argentino. *Estudios económicos*, 33(67), 23-46. <https://doi.org/10.52292/j.estudecon.2016.716>
- Fullerton, D., & Rogers, D. (1991). Lifetime vs. Annual Perspectives on Tax Incidence *NBER Working Paper No. 3750*.
- Fullerton, D., & Rogers, D. (1993). *Who bears the lifetime tax burden?* Washington D.C.: The Brookings Institution.
- Fullerton, D., & Rogers, D. (1994). Lifetime versus Annual Perspectives on Tax Incidence. *National Tax Journal*, XLIV (3).
- Gasparini, L. (1998). Incidencia distributiva del sistema impositivo argentino. En Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas (ed.). *La reforma tributaria en la Argentina*, 367-436.
- Gasparini, L., Cicowiez, M., & Sosa, W. (2012). *Pobreza y desigualdad en América Latina*. Temas Grupo Editorial.
- Gómez, J.C., Harriague, M., & Rossignolo, D. (2013). Argentina. La situación fiscal y los efectos en la distribución del ingreso. *Desarrollo Económico*, 52(207-208), 339-380.
- Gómez, J.C., Santiere, J.J., & Rossignolo, D. (2002). *La equidad distributiva y el sistema tributario: un análisis para el caso argentino*, Gestión Pública 20, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/7271/S025361_es.pdf
- Gómez, J.C. & Rossignolo, D. (2014). *La tributación sobre las altas rentas en América Latina*, Serie Estudios y Perspectivas N° 13. Montevideo: Oficina de la CEPAL en Montevideo. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/35896/S2014013_es.pdf
- Higgins, S. & Lustig, N. (2017). Allocating Taxes and Transfers and Constructing Income Concepts. En Lustig, N. (ed.). *Commitment to Equity Handbook. A Guide to Estimating the Impact of Fiscal Policy on Inequality and Poverty* (pp. 219-326). Brookings Institution and CEQ Institute.
- IMF (2014). *Fiscal Policy And Income Inequality* IMF Policy Paper.
- INDEC (1995). *Utilización de clasificadores de ocupación en las bases de datos de la Encuesta Permanente de Hogares*. https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-bases_de_datos_eph_amp
- Jiménez, J.P., & Rossignolo, D. (2019). Concentración del ingreso y desigualdad según registros tributarios en América Latina: el caso de la Argentina. *Documento de trabajo Fundación CECE*.

- Lustig, N. (2019). *The Missing Rich in Household Surveys: Causes and Correction Methods* CEQ Working Paper 75, Commitment to Equity Institute, Tulane University.
- Metcalf, G. (1996). The Lifetime Incidence of State and Local Taxes: Measuring Changes During the 1980's. En Slemrod, J. (1996). *Tax Progressivity and Income Inequality*. Cambridge University Press.
- Piketty, T. (2003). Income Inequality in France, 1901-1998. *Journal of Political Economy*, 111(5), 1004-1042
- Piketty, T., & Saez, E. (2003). Income Inequality in the United States, 1913–1998, *Quarterly Journal of Economics*, 118(1) 1-39
- Piketty, T. (2014). *Capital in the 21st Century*. Harvard University Press.
- Poterba, J. (1989). Lifetime Incidence and the Distributional Burden of Excise Taxes. *American Economic Review*, 79-2, 325-330.
- Rossignolo, D. (2016). Taxes, Expenditures, Poverty And Income Distribution In Argentina, *CEQ Working Paper 45* Commitment to Equity Institute, Tulane University. https://commitmenttoequity.org/wp-content/uploads/2017/08/CEQ_WP45_Rossignolo__ImpactTaxesExpendituresinArgentina_June2017.pdf
- Rossignolo, D. (2021). El rol distributivo de los impuestos en Argentina. *Revista Proyección Económica*, 16, 137-176. https://issuu.com/consejocaba/docs/proyeccion_octubre_2021
- Sahn, D., & Younger, S. (2003). Estimating the Incidence of Indirect Taxes in Developing Countries. En Bourguignon, F. & Pereira da Silva, L. (eds.): *The Impact of Economic Policies on Poverty and Income Distribution. Evaluation Techniques and Tools* (pp.1-12). World Bank and Oxford University Press. <https://hvtc.edu.vn/Portals/0/files/6357419387123037110-8213-5491-4.pdf>
- Sartor, N., & Polin, V. (2009). Family Intertemporal Fiscal Incidence: A New Methodology for Assessing Public Policies *MPRA Paper No. 25570*. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/25570/>
- Stiglitz, J. (2012). The Price of Inequality: How Today's Divided Society Endangers Our Future *W.W. Norton y Company*
- Stiglitz, J., Sen, A., & Fitoussi, J. (2009). *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf
- Vlachy, J. (2015). Measuring the Effective Tax Burden of Lifetime Personal Income, *European Financial and Accounting Journal*, 10(3), 5-14, <http://dx.doi.org/10.18267/j.efaj.142>



Estimación clásica y bayesiana de la volatilidad en el modelo de Black-Scholes

CANGREJO ESQUIVEL, ÁLVARO JAVIER

Universidad Surcolombiana (Colombia)

Correo electrónico: alvaro.cangrejo@correounivalle.edu.co

TOVAR CUEVAS, JOSÉ RAFAEL

Universidad del Valle (Colombia)

Correo electrónico: jose.r.tovar@correounivalle.edu.co

GARCÍA, ISABEL CRISTINA

Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia)

Correo electrónico: isabel.garcia@javerianacali.edu.co

MANOTAS DUQUE, DIEGO FERNANDO

Universidad del Valle (Colombia)

Correo electrónico: diego.manotas@correounivalle.edu.co

RESUMEN

La valoración de opciones y en gran medida el mercado de derivados financieros requiere de una óptima estimación de la volatilidad, ya que justamente ésta es la variable que se negocia. Se presenta entonces una metodología estadística para la estimación del parámetro de volatilidad para un activo, usando métodos propios del enfoque Bayesiano. Para modelar el comportamiento natural del parámetro que representa la volatilidad en el modelo de Black-Scholes, se utilizan distribuciones de probabilidad de la familia Gama y la distribución Lévy Estándar. Los resultados obtenidos usando la metodología propuesta se contrastan con los obtenidos al estimar el parámetro desde el enfoque clásico donde se implementa el método de la Máxima Verosimilitud y la técnica Bootstrap. Se logra evidenciar que el procedimiento de estimación desde el paradigma bayesiano, permitió obtener estimaciones del parámetro de volatilidad más ajustadas y precisas, cuando en la distribución de los retornos se consideran valores extremos. Estas características del estimador permiten que, al evaluar el precio de la opción, al utilizar el modelo de Black-Scholes, sea más próximo a lo que se espera que ocurra en el mercado financiero.

Palabras clave: ecuación diferencial estocástica; distribución previa; distribución posterior; estimación; volatilidad; bootstrap; valores extremos; hiperparámetros; elicitación.

Clasificación JEL: C110, C120, C20, C51, G1.

MSC2010: 60G, 60E, 65C.

Classical and Bayesian estimation of volatility in the Black-Scholes model

ABSTRACT

The valuation of options and to a large extent the financial derivatives market require an optimal estimation of the volatility, since this is precisely the variable that is negotiated. We present then a statistical methodology for the estimation of the volatility parameter for an asset using methods of the Bayesian approach to statistics. As prior distributions for volatility parameter, models of the Gamma family and the Standard Levy are assumed. The results obtained using the proposed methodology are contrasted with those obtained when estimating the parameter from the classical approach, where the maximum likelihood method and the Bootstrap technique are implemented. It is possible to demonstrate that the estimation procedure from the Bayesian paradigm, allowed to obtain more adjusted and precise volatility parameter estimations, when in the distribution of the returns, extreme values are considered. These characteristics of the estimator allow that predictions of the prices of the options obtained using the Black-Scholes model to be closer to what is expected to occur in the financial market.

Keywords: stochastic differential equation; previous distribution; posterior distribution; estimation; volatility; bootstrap; extreme values; hyperparameters; elicitation.

JEL classification: C110, C120, C20, C51, G1.

MSC2010: 60G, 60E, 65C.



1. Introducción

El punto central en la valoración de opciones (valor a largo plazo) ha sido durante mucho tiempo el problema de estimar los parámetros de los procesos de precios en tiempo continuo que actúan como entradas para el derivado paramétrico en los modelos de precios. Dado que la volatilidad es una medida de incertidumbre y además es potencialmente estocástica dentro del modelo de Black y Scholes (1973), el esfuerzo de académicos y profesionales por mejorar sus estimaciones se ha basado en estudiar y diseñar diferentes metodologías para modelar esta variable. Comúnmente se utilizan las estimaciones puntuales tanto de la varianza como de la desviación estándar y esto puede ser causa de errores de medición acerca del precio de las opciones o del riesgo financiero respectivamente. Por otra parte, actualmente las series de tiempo para la volatilidad como los modelos ARCH y sus derivados, han sido implementados más en el sector financiero para robustecer el estudio de la volatilidad en los mercados bursátiles; sin embargo, se han estado implementando mediante un enfoque clásico, es decir, solamente incorporando información puntual de este proceso. Por tal motivo los participantes en el mercado de derivados se concentran en la volatilidad del subyacente, no en la dirección del precio del mismo; esto se explica porque todos los parámetros para valorar una opción son observables en el mercado, excepto la volatilidad.

El desarrollo del modelo de Black Scholes (BS) representó un avance importante para la valoración de opciones financieras. Dicho modelo ha tenido una gran influencia en la manera en que los agentes valoran y cubren opciones financieras; además es considerado como punto de referencia para el desarrollo y éxito de la ingeniería financiera (Black & Scholes, 1973; Merton, 1973; Cox et al., 1979). Desde su presentación ha sido estudiada, analizada y contrastada en los mercados reales de opciones y futuros de todo el mundo. De hecho, pocas teorías han sufrido y resistido una revisión empírica tan rigurosa de la que ha salido victoriosa no solo por su flexibilidad y grado de aplicación, sino porque la mayor parte de las ideas de la teoría moderna de valoración ya se encuentran originalmente en ella. Así mismo, este modelo ha servido de base para numerosas generalizaciones y extensiones como: las opciones de estilo estadounidense, opciones de divisas y otras opciones como las exóticas (Hull, 2006). En consecuencia, el modelo de BS sigue siendo ampliamente utilizado en la práctica, por ejemplo, en opciones reales, problemas de bancarota, evaluación de depósitos bancarios asegurados, trabajo actuarial, etc. (Hull, 2005).

Una opción financiera es un contrato mediante el cual el comprador adquiere el derecho, pero no la obligación de comprar o vender un activo subyacente a un precio establecido (precio *strike*). Las opciones *call* confieren el derecho de comprar el activo, mientras que las opciones *put* confieren el derecho a vender el activo. Estos derechos se pueden ejercer en una fecha futura conocida como fecha de vencimiento (opción europea) o en cualquier momento antes de la fecha de vencimiento (opción americana). En ambos tipos de opciones la volatilidad juega un papel fundamental ya que su valor crea el valor teórico de la opción en el mercado actual.

Desde el contexto de los métodos bayesianos, esta teoría se ha venido utilizado para modelar la variabilidad de los retornos de las acciones con el propósito de la valoración de opciones. Autores como Karolyi (1993) utilizan información previa extraída de los patrones transversales en la volatilidad de retornos para grupos de acciones ordenados por tamaño, apalancamiento financiero o volumen de negociación, junto con la información de la muestra, para derivar la densidad posterior de la varianza. Él reporta una precisión de predicción mejorada para las estimaciones de los precios de las opciones calculadas utilizando las estimaciones de la volatilidad por los métodos bayesianos con relación a las estimaciones clásicas tales como la volatilidad implícita, histórica estándar o incluso la volatilidad actual ex-post. Este resultado puede ser interesante como una motivación para utilizar el enfoque bayesiano para explorar las propiedades estadísticas en la valoración de opciones.

Ncube y Satchell (1997) investigaron las propiedades del modelo de precios de BS bajo una aproximación clásica. Estos autores aprovechan la propiedad monótona del precio de la opción con respecto al precio del activo y la volatilidad, para obtener la distribución condicional de lo que llaman el “verdadero” precio de Black Scholes, así como la distribución condicional de lo que llaman el

“pronóstico” del precio de Black Scholes. La primera se obtiene condicionando la volatilidad (asumen que la volatilidad es conocida y no estimada), mientras que el segundo condiciona el precio del activo subyacente considerando como única fuente de aleatoriedad la estimación de la varianza clásica. Sin embargo, este enfoque se considera poco realista al suponer que la volatilidad es conocida y no estimada. En el presente trabajo planteamos un mejor ajuste en la distribución condicional (previa) en la estimación de la volatilidad y en cuanto al “pronóstico” se obtiene una distribución posterior más eficiente a nivel informativo y es teóricamente favorable para producir mejores estimaciones de los precios de las opciones.

Así mismo, Darsinos y Satchell (2001) proporcionan un análisis bayesiano completo para el precio de la opción a través del modelo BS utilizando un modelo jerárquico. Como problema bayesiano, suponen aleatorio tanto el parámetro de volatilidad como el precio de la opción, y bajo el supuesto del modelo (es decir, log-normalidad de los precios de las acciones) derivan las densidades previas y posteriores para una opción europea. Los resultados presentados, para una serie de valores realistas, muestran hasta qué punto el condicionamiento en el precio de los activos reduce drásticamente la variabilidad del precio de la opción.

Según Tsay (2005) para los inversionistas el análisis de los retornos de un activo presenta un resumen completo al momento de invertir sin que la escala de medición de los precios influya. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es introducir una metodología estadística en la estimación del parámetro de volatilidad del rendimiento de las acciones a partir de los retornos de la misma. Desde el enfoque bayesiano se considera como distribución previa la distribución de colas pesadas Levy estándar, la cual no ha sido considerada de acuerdo con la revisión de la literatura, dado que según su naturaleza es una buena candidata pues se espera que capture el efecto de asimetría que pueden presentarse en las series financieras llamado efecto *leverage*, donde algunas series financieras tienden a disminuir la volatilidad cuando los retornos aumentan y a aumentarla cuando los retornos caen. Sin embargo, la volatilidad es definida por Tsay (2005) como la desviación estándar de los rendimientos de un activo. Autores como Karolyi (1993) y Darsinos y Satchell (2001), proponen como modelos de probabilidad previa para la estimación de la volatilidad distribuciones cuyo dominio son \mathbb{R}^+ , entre ellos la distribución Gamma y Gamma Inversa respectivamente. Desde el enfoque clásico se realiza la estimación utilizando técnica de remuestreo, Bootstrap y el método de máxima verosimilitud.

El documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 presentamos las fórmulas de valoración de opciones, a saber, el modelo de Black-Scholes. En la sección 3 introducimos el análisis de estimación de la volatilidad tanto en el enfoque clásico como bayesiano. En las secciones 4 y 5 se presenta la información y la aplicación con datos reales, para finalmente en la sección 6 presentar las conclusiones.

2. Descripción del modelo

Black y Scholes (1973) publicaron la fórmula que a la fecha se mantiene como el modelo estándar teórico en la valoración de opciones financieras. La fórmula B&S, desarrollada originalmente para valorar opciones de compra *call* europeas sobre acciones que no pagan dividendos antes de la fecha de vencimiento, se define como:

$$C_{BS} = S_t \Phi(d_1) - K \exp[-rT] \Phi(d_2), \quad [1]$$

con

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad [2]$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}, \quad [3]$$

donde:

- C_{BS} = Precio o Prima de la opción *call*
- S_t = Precio del activo subyacente (spot)
- K = Precio de ejercicio (strike)
- r = Tasa de interés libre de riesgo
- T = Plazo al vencimiento
- σ = Volatilidad del activo subyacente
- $\Phi(\cdot)$ = función de probabilidad acumulada de la distribución normal estándar.

Es importante anotar que los valores de $\Phi(d_1)$ y $\Phi(d_2)$ representan las probabilidades de ejercer la opción. Una alternativa para encontrar el precio de la opción (prima) a partir del modelo de B&S es resolver la ecuación diferencia parcial de segundo orden definida como:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + r S_t \frac{\partial V}{\partial S_t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S_t^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S_t^2} = rV. \quad [4]$$

La ecuación [1] define el valor para una opción *call* como función de la varianza verdadera de los retornos de las acciones bajo el supuesto de que son independientes e idénticamente distribuidos. Ahora, si se considera un registro histórico de los precios mensuales de un activo $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$, de acuerdo con Tsay (2005) los retornos mensuales del activo se definen como la utilidad generada sobre una inversión de capital o una inversión en valores, es decir:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad [5]$$

con valor medio y varianza mensual definidas como:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_t \quad ; \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_t - \mu)^2. \quad [6]$$

La desviación estándar, $\hat{\sigma}$, es conocida como volatilidad del activo la cual representa la variabilidad en el comportamiento natural de los retornos. Por tanto, se debe determinar la mejor elección para σ , para lo que se proponen diversas metodologías estadísticas.

3. Estimación de la volatilidad

3.1. Enfoque Clásico

Para realizar el procedimiento de estimación clásica se requiere definir la distribución de probabilidad asignada al comportamiento de la muestra y establecer la forma que mejor describa esta información. Para ello, al considerar $\phi = \sigma^2$ y la variable aleatoria R_t que de acuerdo con la literatura se puede asumir que dichos retornos son observaciones independientes e idénticamente distribuidos (Hull, 2006; Venegas, 2008) de modo que $R_t \sim N(\mu, \phi)$ y entonces la función de densidad está dada por:

$$f(r_1, r_2, \dots, r_n | \phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\phi}} \exp\left(-\frac{(r - \mu)^2}{2\phi}\right), \quad \phi > 0.$$

Para obtener una estimación de ϕ se usan como herramientas el método de la Máxima Verosimilitud y el método de Bootstrap. El primer método consiste en encontrar $\hat{\phi}_{MV}$ de tal forma que maximice la función de verosimilitud:

$$\begin{aligned} L(\phi, \mu | r_1, r_2, \dots, r_n) &= \prod_{i=1}^n (2\pi\phi)^{-1/2} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} (r_i - \mu)^2\right] \\ &= (2\pi\phi)^{-n/2} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n (r_i - \mu)^2\right], \end{aligned} \quad [7]$$

con (r_1, r_2, \dots, r_n) una muestra de tamaño n . En efecto, al considerar la función:

$$\ln[L(\phi, \mu | r_1, r_2, \dots, r_n)] = -\frac{n}{2} \ln(\phi) - \frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n (r_i - \mu)^2 \quad [8]$$

Entonces, el estimador de Máxima Verosimilitud está dado por:

$$\hat{\phi}_{MV} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \mu)^2 \quad \Leftrightarrow \quad \hat{\phi}_{MV}^{1/2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \mu)^2}, \quad [9]$$

el cual presenta sesgo ($E(\hat{\phi}) \neq \phi$) característica no deseada en un estimador. Se busca entonces utilizar la forma insesgada del mismo, esto es:

$$\hat{\phi}_{MV} = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}, \quad [10]$$

donde \bar{r} es el promedio muestral de los retornos. Además, de la estimación puntual $\hat{\phi}_{MV}$, es posible construir un intervalo de confianza al considerar que $\frac{(n-1)\hat{\phi}_{MV}}{\phi} \sim \chi_{n-1}^2$ dado en Casella & Berger (2001). Al tomar constantes arbitrarias a y b tal que,

$$\phi \in \left(\frac{(n-1)\hat{\phi}_{MV}}{b}, \frac{(n-1)\hat{\phi}_{MV}}{a} \right), \quad [11]$$

en consecuencia, se tiene que $a = \chi_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)}^2$ y $b = \chi_{1-\frac{\alpha}{2}, (n-1)}^2$. Por tanto, el intervalo de confianza al $100(1-\alpha)\%$ de credibilidad para ϕ está dado por:

$$\phi_{MV} \in \left(\frac{(n-1)\hat{\phi}_{MV}}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, (n-1)}^2}, \frac{(n-1)\hat{\phi}_{MV}}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)}^2} \right). \quad [12]$$

Por otro lado, el método de Bootstrap propuesto por Efron (1979), se emplea al considerar como base un estimador, por ejemplo $\hat{\theta} = \hat{\phi}_{MV}$, muestras *Bootstrap*, es decir, $r^* = \text{left}(r_1^*, r_2^*, \dots, r_n^*)$ como una muestra aleatoria de tamaño n , y B reemplazamientos de una población de n objetos (r_1, r_2, \dots, r_n) . Asociada a cada muestra bootstrap r^* se puede calcular una replicación de $\hat{\theta}$.

$$\hat{\theta}^*(b) = \hat{\theta}(r^{*b}) \quad b = 1, 2, \dots, B, \quad [13]$$

se propone un estimador para ϕ dado por:

$$E(\hat{\phi}_B) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{\theta}^*(b), \quad [14]$$

con cuasi-varianza:

$$Var(\hat{\phi}_B) = \frac{\sum_{b=1}^B (\hat{\theta}^*(b) - \hat{\theta}^*(\cdot))^2}{B-1}, \quad [15]$$

además, el intervalo de confianza a un $100(1 - \alpha)\%$ para ϕ está dado por:

$$\left(\hat{\phi}_B - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var[\hat{\phi}_B]}, \hat{\phi}_B + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var[\hat{\phi}_B]} \right). \quad [16]$$

3.2. Enfoque Bayesiano

Desde el enfoque Bayesiano, el parámetro $\phi = \sigma^2$ se considera como una variable aleatoria que puede ser modelada al usar una distribución continua previa de probabilidad $h(\phi)$ que puede ser actualizada mediante observaciones de una muestra r_1, r_2, \dots, r_n como lo plantean Bernardo et al. (2009) y Gelman et al. (2003). Por consiguiente, se obtienen distribuciones posteriores de las que brindan una descripción completa del conocimiento sobre la cantidad aleatoria ϕ obtenido a partir de la cuantificación de las distribuciones previas y la información muestral.

Para determinar la función de densidad de la distribución posterior, se observa que, del teorema de Bayes,

$$Prob(\phi | R_1, \dots, R_n) = \frac{Prob(R_1, \dots, R_n | \phi) Prob(\phi)}{Prob(R_1, \dots, R_n)},$$

con

$$Prob(R_1, \dots, R_n) = \int_0^{\infty} Prob(R_1, \dots, R_n | \phi) Prob(\phi) d\phi,$$

$$Prob(R_1, \dots, R_n | \phi) = L(R_1, \dots, R_n | \phi),$$

y

$$Prob(\phi) = h(\phi).$$

Por tanto, a partir de la función de verosimilitud $L(\phi, \mu | r_1, r_2, \dots, r_n)$ dado en [7] y una distribución previa $h(\phi)$, es posible obtener la distribución posterior de ϕ de la siguiente forma:

$$h(\phi | r_1, r_2, \dots, r_n) = \frac{L(\phi, \mu | r_1, r_2, \dots, r_n) h(\phi)}{\int_0^{\infty} L(\phi, \mu | r_1, r_2, \dots, r_n) h(\phi) d\phi} \quad [17]$$

A continuación, se plantean las siguientes distribuciones previas candidatas para la volatilidad de un activo, bajo el supuesto de que $\mu = 0$.

3.2.1. Distribución previa no informativa de Jeffreys

Una de las principales fortalezas del método de Jeffreys es su invarianza bajo transformaciones inyectivas, basándose en la medida de información de Fisher sobre $\phi > 0$, es decir:

$$I(\phi) = E\left[\frac{\partial \ln L(\phi | r_1, r_2, \dots, r_n)^2}{\partial \phi} \mid \phi \right] = -E\left[\frac{\partial^2 \ln L(\phi | r_1, r_2, \dots, r_n)^2}{\partial \phi^2} \mid \phi \right] \quad [18]$$

así, la distribución *previa* propuesta por Jeffreys para el caso uniparamétrico,

$$h(\phi) \propto \sqrt{I(\phi)} \quad [19]$$

A partir de las ecuaciones [7], [18] y [19] se tiene que la distribución *previa* No informativa obtenida usando el método de Jeffreys se define como:

$$h(\phi) \propto \frac{\sqrt{n}}{\phi} \quad [20]$$

de [17] se tiene:

$$\begin{aligned} h(\phi | r_1, r_2, \dots, r_n) &= \frac{\phi^{-\frac{n}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n r_i^2\right] \phi^{-1} n^{\frac{1}{2}}}{\int_0^{\infty} \phi^{-\frac{n}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n r_i^2\right] \phi^{-1} n^{\frac{1}{2}} d\phi} \\ &= \frac{\left(\sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{2}\right)^{\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \phi^{-\left(\frac{n}{2}+1\right)} \exp\left[-\frac{1}{\phi} \sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{2}\right] \end{aligned} \quad [21]$$

así la distribución *posterior* obtenida, es una distribución Gamma Inversa con parámetros (α_1^*, β_1^*) , donde, $\left(\alpha_1^* = \frac{n}{2}, \beta_1^* = \sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{2}\right)$.

3.2.2. Estimación de ϕ asumiendo una distribución Gamma Inversa como previa

Teniendo en cuenta la naturaleza propia del parámetro de volatilidad que se define como la desviación estándar de los retornos podemos garantizar que $\phi > 0$, se considera como buena candidata la distribución previa Gamma Inversa que permite una marcada asimetría dentro de su estructura, es decir, la distribución considera una mayor probabilidad para valores pequeños de parámetro. Autores como Darsinos y Satchell (2001) implementan este modelo como distribución previa en la estimación del parámetro de volatilidad. La función de densidad de la distribución Gamma Inversa con parámetros $(\alpha; \beta)$ se define como:

$$h(\phi) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \phi^{-(\alpha+1)} \exp\left[-\frac{\beta}{\phi}\right] \quad \alpha > 0 \quad \beta > 0 \quad [22]$$

considerando esta distribución para modelar el comportamiento natural de la volatilidad de los retornos antes de ver los datos de la muestra se obtiene la siguiente distribución posterior:

$$\begin{aligned}
h(\phi | r_1, r_2, \dots, r_n) &= \frac{(2\pi\phi)^{-\frac{n}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n r_i^2\right] \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \phi^{-(\alpha+1)} \exp\left[-\frac{\beta}{\alpha}\right]}{\int_{\phi} (2\pi\phi)^{-\frac{n}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n r_i^2\right] \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \phi^{-(\alpha+1)} \exp\left[-\frac{\beta}{\alpha}\right] d\phi} \\
&= \frac{\left[\beta + \sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{2}\right]^{\alpha+\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\alpha + \frac{n}{2}\right)} \phi^{-\left(\frac{n}{2}+\alpha\right)-1} \exp\left[-\frac{1}{\phi}\left(\beta + \sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{2}\right)\right]
\end{aligned} \tag{23}$$

Que es una distribución Gamma Inversa de parámetros (α_2^*, β_2^*) con $\left(\alpha_2^* = \alpha + \frac{n}{2}, \beta_2^* = \beta + \sum_{i=1}^n \frac{r_i^2}{2}\right)$.

3.2.3. Estimación de ϕ asumiendo una distribución Lévy Estándar como previa

Es posible considerar la distribución Lévy estándar ($\mu = 0, \tau$) como modelo para expresar la información previa, dado que por razones "externas" (cambios en la economía o en las políticas públicas de los países) se pueden presentar observaciones con valores "extremos". La distribución Lévy Estándar es un caso particular de la distribución Lévy y a la vez pertenece a la familia de distribuciones estables. Estas distribuciones se caracterizan por asignar probabilidad a valores extremos, razón por la que se conoce comúnmente en la literatura como distribuciones de colas pesadas (Nolan, 2003). La forma analítica de la distribución Lévy se define como:

$$h(\phi) = \left(\frac{\tau}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \phi^{-\frac{3}{2}} \exp\left[-\frac{\tau}{2\phi}\right] \quad \phi > 0 \quad \tau > 0 \tag{24}$$

De modo que, la distribución posterior obtenida tiene la forma:

$$\begin{aligned}
h(\phi | r_1, r_2, \dots, r_n) &= \frac{(2\pi\phi)^{-\frac{n}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n r_i^2\right] \left(\frac{\tau}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \phi^{-\frac{3}{2}} \exp\left[-\frac{\tau}{2\phi}\right]}{\int_{\phi} (2\pi\phi)^{-\frac{n}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\phi} \sum_{i=1}^n r_i^2\right] \left(\frac{\tau}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \phi^{-\frac{3}{2}} \exp\left[-\frac{\tau}{2\phi}\right] d\phi} \\
&= \frac{\left[\tau + \sum_{i=1}^n r_i^2\right]^{\frac{n+3}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n+3}{2}\right)} \phi^{-\left(\frac{n+3}{2}+1\right)} \exp\left[-\frac{1}{\phi}\left(\tau + \sum_{i=1}^n r_i^2\right)\right]
\end{aligned} \tag{25}$$

Que es una distribución de probabilidad Gamma Inversa (α_3^*, β_3^*) con:

$$\left(\alpha_3^* = \frac{n+3}{2}, \beta_3^* = \frac{\tau + \sum_{i=1}^n r_i^2}{2}\right).$$

Dado que para las tres distribuciones previas candidatas, esto es, Jeffreys, Gamma Inversa y Lévy estándar, se obtuvieron distribuciones posteriores Gamma Inversa de parámetros (α_i^*, β_i^*) con $i = 1, 2, 3$ la hace muy útil y práctica para realizar el procedimiento de estimación debido a que se encuentra implementada en la mayoría de software estadísticos.

2.1. Método para obtener los valores de los hiperparámetros

Los hiperparámetros α y β de la distribución previa Gamma Inversa dada en la ecuación [22] y el hiperparámetro τ de la distribución Lévy, dado en [24], son desconocidos y no se cuenta con el criterio

de un experto para establecer valores previos de los mismos. Para obtenerlos se utilizó una aproximación basada en los métodos empíricos de Bayes, de la siguiente forma:

Se tomó un conjunto de observaciones correspondiente a los precios mensuales de un activo, estos son, $P_1, P_2, \dots, P_n = \{P_t\}_{t=1}^{T=n}$ y a partir de estos se evaluó la serie de retornos que se definió en la ecuación [5]. De acuerdo con los datos correspondiente a los retornos $\{R_t\}_{t=1}^{T=n-1}$ se realizó una partición de m subconjuntos excluyentes y exhaustivos con k elementos cada uno y, para cada subconjunto, se evaluó la varianza para así obtener un vector de estimaciones de la forma $\hat{\sigma}^2 = \{\hat{\sigma}_j^2\}_{j=1}^m$.

Como consecuencia de lo anterior, se evaluó el valor medio y la varianza del vector de estimaciones $\hat{\sigma}^2$ cuyas expresiones están dadas por, $\mu = \sum_{i=1}^m \frac{\hat{\sigma}_i^2}{m}$ y $Var = \sum_{i=1}^m \frac{(\hat{\sigma}_i^2 - \mu)^2}{m-1}$. Estos resultados se igualaron a la forma matemática de la esperanza y la varianza de una distribución Gamma Inversa, dado en [22], para formar un sistema de ecuaciones lineales con dos incógnitas definido como:

$$\begin{aligned} \frac{\beta}{\alpha - 1} &= E(\hat{\sigma}^2), \quad \alpha > 1 \\ \frac{\beta^2}{(\alpha - 1)^2(\alpha - 2)} &= Var(\hat{\sigma}^2), \quad \alpha > 2 \end{aligned} \quad [26]$$

La solución de [26] están dadas por:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{E[\hat{\sigma}^2]^2 + 2Var[\hat{\sigma}^2]}{Var[\hat{\sigma}^2]}, \\ \beta &= E[\hat{\sigma}^2] \left(\frac{E[\hat{\sigma}^2]^2 + 2Var[\hat{\sigma}^2]}{Var[\hat{\sigma}^2]} - 1 \right) \end{aligned}$$

que define un primer caso para calcular los hiperparámetros de la distribución previa Gamma Inversa.

Un segundo y tercer caso consiste en tomar dos submuestras de la muestra de los retornos $\{R_t\}_{t=1}^{T=n-1}$, es decir, $\{R_t\}_{t=1}^{T=w}$ y $\{R_t\}_{t=1}^{T=z}$ tal que $w, z < (n - 1)$ y se calculan la media y la varianza con el fin de reemplazarlos en [26] para obtener dos distribuciones previas Gamma Inversa.

Por otro lado, para obtener información previa acerca del parámetro τ de la distribución Lévy estándar dado en [24], se divide el conjunto de las m varianzas $\hat{\sigma}^2$ en q subconjuntos excluyentes y exhaustivos con g elementos cada uno, es decir, $\hat{\sigma}_i^2 = \{\hat{\sigma}_{ij}^2\}_{j=1}^g, i = 1, 2, \dots, q$, y, para cada uno de los grupos, se estima $\hat{\tau}$ por el método de máxima verosimilitud (MMV), esto es,

$$\hat{\tau} = \frac{g}{\sum_{j=1}^g \phi_{ij}^{-1}} \quad i = 1, 2, \dots, q \quad [27]$$

En consecuencia, se toma el valor mínimo, el máximo y la media de estas estimaciones para establecer el valor de los hiperparámetros de las distribuciones previas Lévy Estándar.

4. Presentación de la información

Los datos de estudio son los precios de cierre de las acciones diarias de la empresa Colombiana de Hidrocarburos Ecopetrol, S.A. Ésta es una empresa estatal colombiana que nació en el año 1951, dedicándose principalmente a la exploración y comercialización de hidrocarburos. En la actualidad, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$15,4 billones registrada en 2011 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica. Con el fin de crecer e internacionalizarse, Ecopetrol lanza al mercado la venta de paquetes de acciones que cualquier colombiano puede adquirir.

Para obtener los valores de los hiperparámetros se tomaron los datos correspondientes al precio del activo en el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2011 y el 30 de diciembre de 2017, con un total de 2101 observaciones, obtenidas en <https://www.bvc.com.co>. Para el primer caso se evaluaron los retornos de las acciones que corresponden a 2100 observaciones, para los casos dos y tres se seleccionaron los periodos comprendidos, de 2 de enero de 2016 al 30 de diciembre de 2016 y del 2 de enero de 2017 al 30 de diciembre de 2017 con 243 y 242 observaciones, respectivamente. Los valores de los hiperparámetros se observan en la Tabla 1.

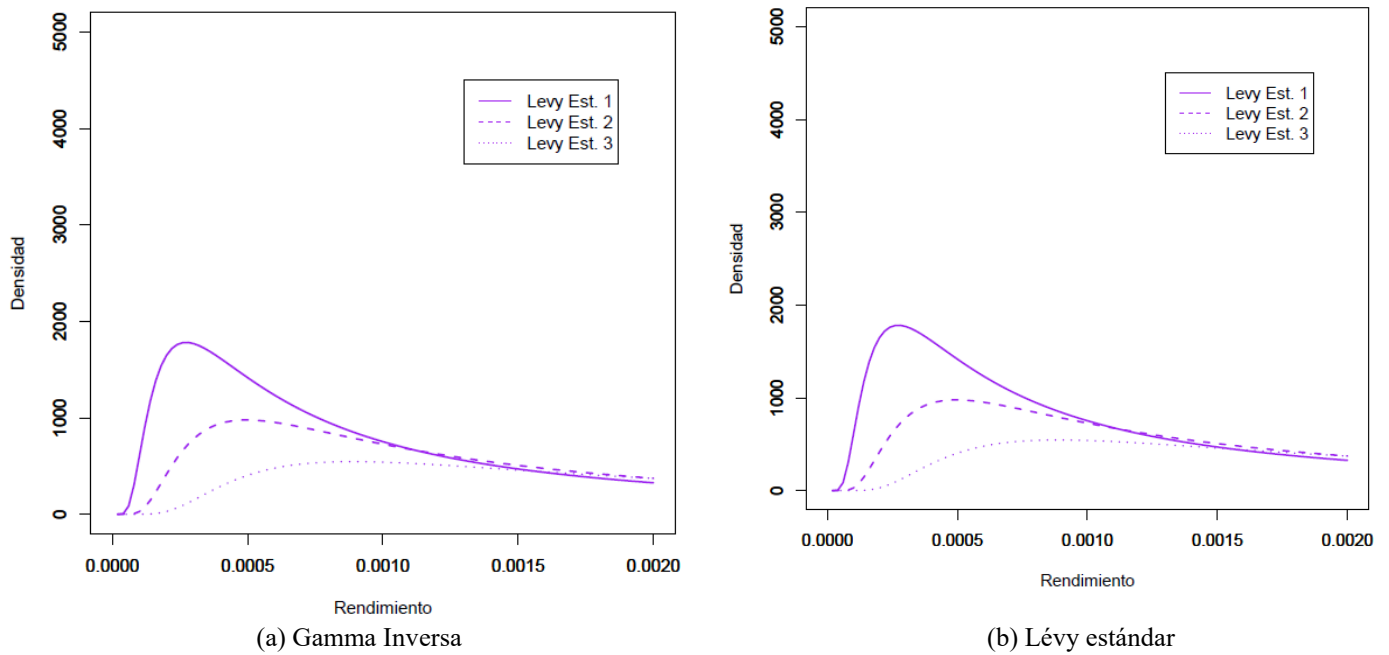
Tabla 1. Medidas descriptivas de las distribuciones a priori de referencia.

Distribución previa	Hiperparámetros			Medidas tendencia central		
	α	β	τ	Media	Mediana	Moda
Gamma Inversa	GI1	3.06118	0.00066	0.000320	0.000242	0.000279
	GI2	2.00255	0.001193	0.001228	0.000704	0.000751
	GI3	2.02144	0.002165	0.002103	0.001297	0.000552
Lévy Estándar	LE1		0.000815	10.05	0.002	0.002257
	LE2		0.001486	65.4	0.000	0.002434
	LE3		0.002663	34.76	0.01	0.000736

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las medidas presentadas en la Tabla 1, se observó que el comportamiento de la variable aleatoria cuando se asumen como distribuciones previas Gamma Inversa y Lévy Estándar estas presentan asimetría positiva, estado natural de las distribuciones. Así mismo, en ambos casos se observó que el parámetro de escala tiene efecto sobre la curtosis de la curva de densidad, es decir, en la medida que el parámetro β y τ son pequeños la curva de densidad es más apuntada (leptocúrtica, es decir, que para valores pequeños de la varianza asigna una mayor probabilidad) y las colas caen más rápido a cero, pero a medida que el parámetro de escala aumenta, la densidad se hace más platicúrtica y con colas más pesadas (Figura 1).

Figura 1. Distribuciones previas de referencia.



Fuente: Elaboración propia.

5. Análisis y resultados

Para el proceso de estimación del parámetro $\phi = \sigma^2$ se evaluaron los retornos de acuerdo a [5] utilizando los precios de cierre diarios de Ecopetrol presentes en el mercado financiero en el periodo comprendido entre el 2 de enero de 2018 y el 3 de abril de 2018, para finalmente obtener una serie de retornos R_t con 60 observaciones.

Tabla 2. Medidas descriptivas acciones ECOPETROL

Medida	Estadístico	
	Precio cierre	Retorno
Media	2543.85	0.003285
Mediana	2505	0.003036
Varianza	15979.49	0.000768
D. Estándar	126.41	0.027713
Asimetría	0.283387	-0.279721
Curtosis	2.39876	2.55656

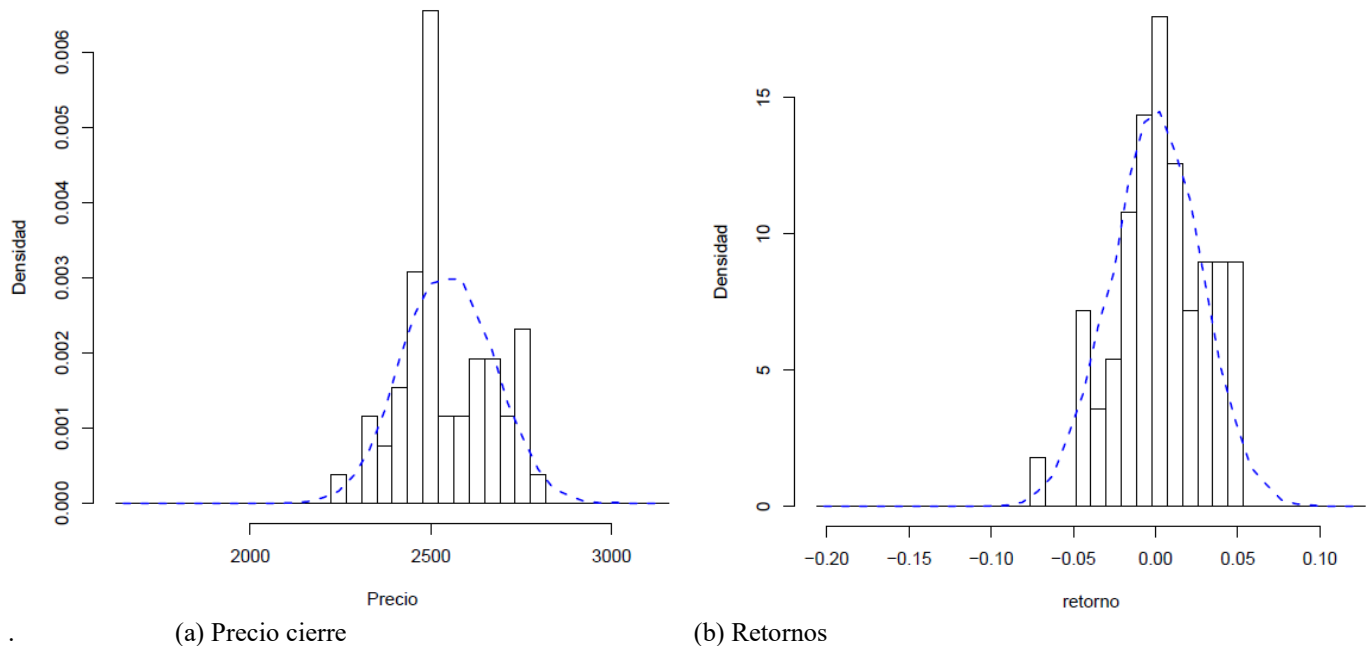
Fuente: Elaboración propia.

En el histograma de la Figura 2 se observa que los datos de la serie de precios no siguen una distribución normal, estando ligeramente sesgada a la derecha y leptocúrtica, con un coeficiente de asimetría de 0,28338 y curtosis de 2,39876. Así mismo, en la Tabla 2 se observa que la serie de retornos R_t es semejante a una distribución normal, dado que se encuentra ligeramente sesgada a izquierda y leptocúrtica, con asimetría de -0,279721 y curtosis 2,55656. Sin embargo, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk y Jarque-Bera, que contrastan:

- H_0 : R_t sigue una distribución normal de probabilidad
 H_a : R_t no sigue una distribución normal de probabilidad

En consecuencia, de acuerdo a los valores - p asociados a las pruebas de Shapiro-Wilk y Jarque-Bera son de 0.336 y 0.528, por lo que no hay evidencia suficiente para determinar que la serie R_t no sigue una distribución normal, con un nivel de significancia del 0.05.

Figura 2. Histograma acciones ECOPETROL.



Fuente: Elaboración propia.

En la modelación de series temporales es importante identificar si el fenómeno analizado presenta un proceso estacionario, esto es, si la media y la varianza no son variantes a lo largo del tiempo $1 \leq t \leq 60$. Para ello, se uso la prueba de Dickey-Fuller, que contrasta:

- H_0 : $\phi = 1$
 H_a : $\phi < 1$

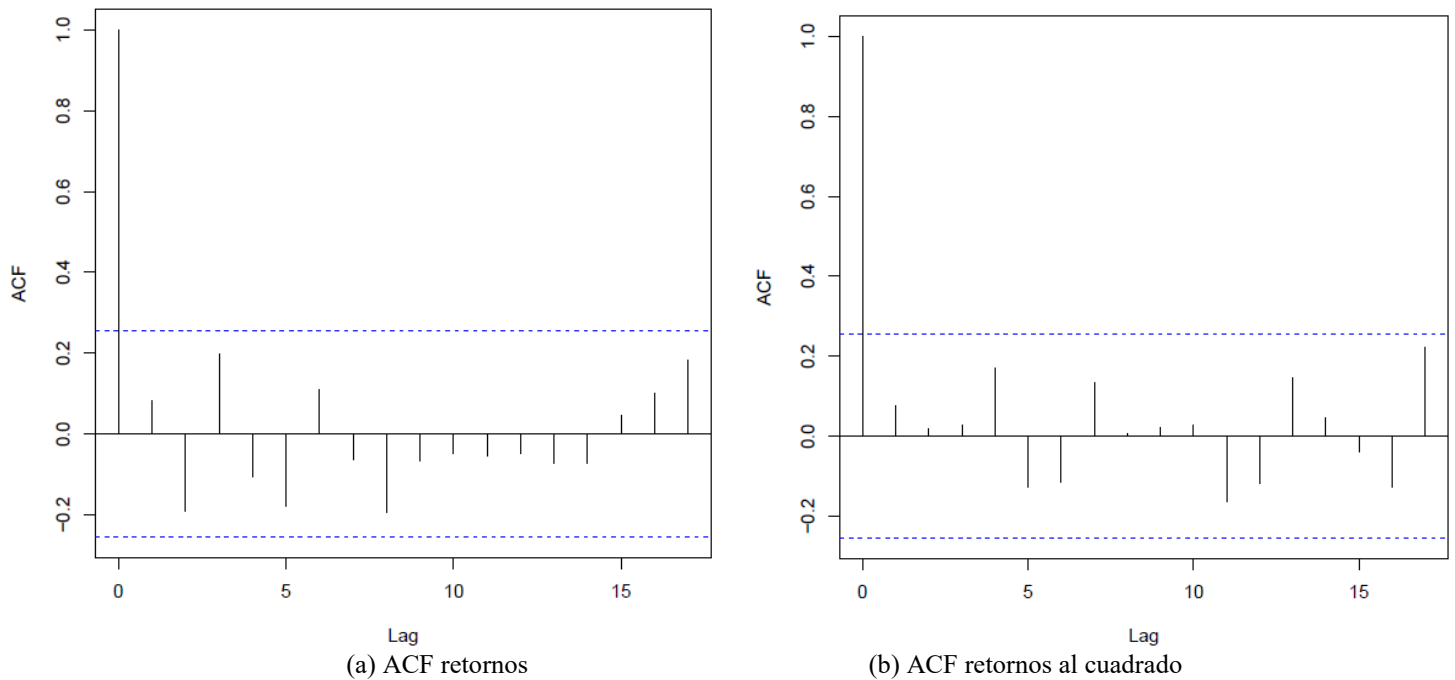
con estadístico de prueba,

$$DF = \frac{\hat{\phi} - 1}{\sqrt{Var[\hat{\phi}]} } \sim t_{n-1},$$

y permitió concluir que, con un nivel de significancia del 0.05, la serie de los precios $\{P_t\}_{t=1}^{61}$ no se comporta, estadísticamente, como un proceso estacionario, con un *valor-p* del 0.252, mientras que, con un *valor-p* del 0.01 la serie de retornos $\{R_t\}_{t=1}^{60}$, se comporta, estadísticamente, como un proceso estacionario. Por tanto, es de total interés analizar los rendimientos de la serie a través de los retornos de estas acciones.

En la Figura 3 se puede observar que las series R_t y R_t^2 poseen pocos retardos significativos que se encuentran por fuera de los intervalos de confianza del 95%; sin embargo, se aplica la prueba de Ljung-Box, para comprobar la significancia de las autocorrelaciones hasta el retardo 20.

Figura 3. Función de autocorrelación de la serie de retornos.



Fuente: Elaboración propia.

Luego, la prueba Ljung-Box contrasta el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$\begin{aligned}
 H_0 &: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0 \\
 H_a &: \rho_i \neq 0 \text{ para algún } i = 1, 2, \dots, k,
 \end{aligned}$$

donde k es el número de retardos a probar. Los p -valores asociados al estadístico de prueba para las series R_t y R_t^2 son del 0.581 y 0.36, respectivamente, por lo que no hay evidencia suficiente para determinar que las series R_t y R_t^2 presentan retardos significativos, con un nivel de significancia del 0.05 por tanto, no hay presencia de autocorrelación serial. Esto sugiere no ajustar un modelo en media condicional como de varianza condicional para los retornos. Ahora, sin pérdida de generalidades se consideró el parámetro de localización $\mu = 0$ en la estimación del parámetro de volatilidad.

Una vez determinada y analizada la muestra de estudio, en la Tabla 3 se reportan los modelos posteriores de estimación y a partir de estas formas matemáticas en la Figura 4 se observan las densidades posteriores asociadas al parámetro σ^2 obtenidas a partir de las distribuciones previas asumidas. Para cada distribución se evaluó el estimador de Bayes con respecto a la función de pérdida cuadrática, esto es, se toma la esperanza (media) de la distribución posterior como medida que resume la información de σ^2 tal como se observa en la Tabla 4, con estimación por el método Bootstrap para $B = 10000$. Además, dado que la varianza es un operador lineal de la desviación estándar, en consecuencia, en la Tabla 5 se reportan las estimaciones de σ .

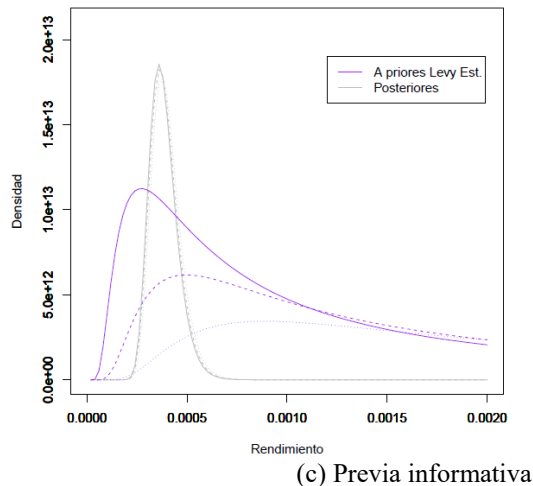
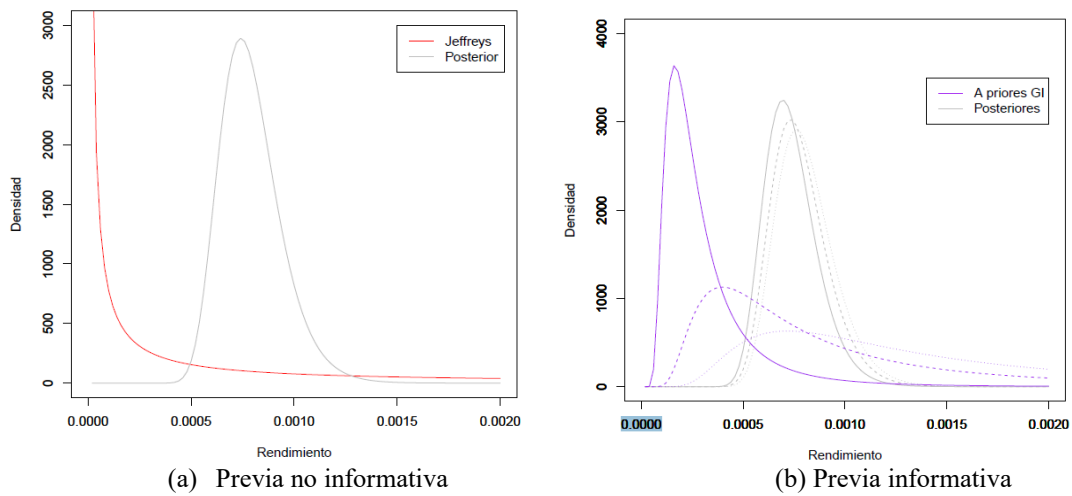
Cuando se utilizó una distribución previa no informativa, las estimaciones no son muy diferentes a las observadas utilizando los métodos de la Máxima Verosimilitud y Bootstrap, lo que era de esperar dado que, al no contar con información sobre la cantidad aleatoria de interés en el proceso de estimación, entonces, se espera que el peso de la información suministrada por los datos sea mayor en la distribución posterior. Sin embargo, es importante resaltar que las regiones de credibilidad del 95% tienden a tomar rangos de valores más estrechos que los observados en los clásicos intervalos de confianza. Esto se evidencia en la Figura 5.

Tabla 3. Actualización de los modelos de estimación a partir de la muestra.

Modelo	Estadístico suficiente
MMV	$\hat{\phi}_{MV} = \frac{1}{59} \sum_{i=1}^{60} (r_i - 0.00328)^2$
Bootstrap	$E(\hat{\phi}_B) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{\theta}^*(b) \quad B = 10000$
Previa	Distribución Posterior
Jeffreys	$GI(30, 0.0229811)$
Gamma Inversa1	$GI(33.0611, 0.02364)$
Gamma Inversa2	$GI(32.0025, 0.02417)$
Gamma Inversa3	$GI(32.02144, 0.02514)$
Levy Estándar1	$GI(31.5, 0.01189)$
Levy Estándar2	$GI(31.5, 0.01223)$
Levy Estándar3	$GI(31.5, 0.01282)$

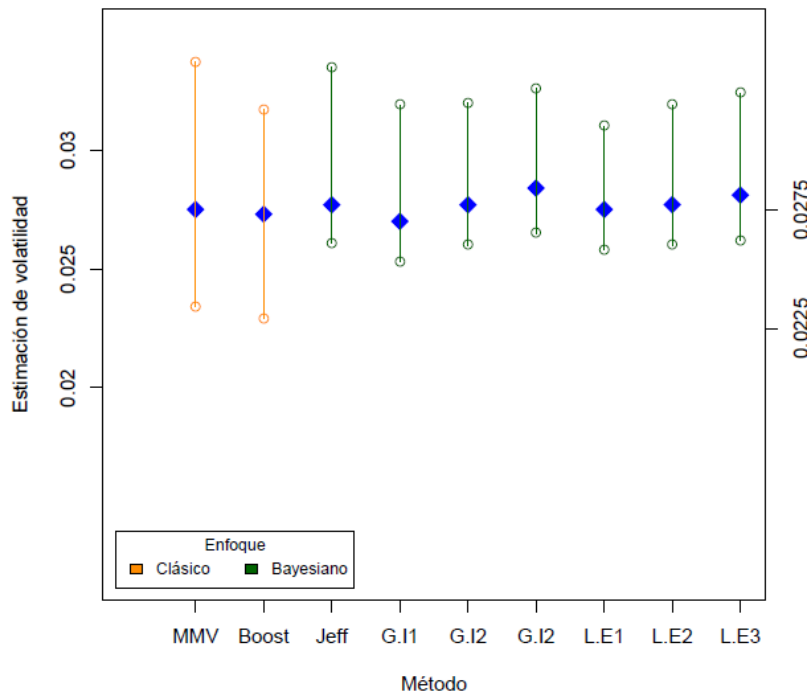
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Formas de las distribuciones a priori y a posteriores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Estimación por intervalos.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, si se utilizan las distribuciones previas informativas los resultados con este tipo de distribuciones no poseen una variación relevante con respecto a las obtenidas por el método clásico; sin embargo, se calculó el error estándar de estimación (EE) y se observó que en los modelos bayesianos el EE tiende más rápido a cero en comparación con los EE obtenidos por los métodos clásicos. Esto permite tener una mejor precisión en la estimación del parámetro.

De acuerdo con los resultados presentados en las Tablas 4 y 5, se observó que algunas estimaciones en particular son las mismas para los diferentes enfoques, es decir, dado el caso de la estimación por el método de la Máxima Verosimilitud, ésta es igual al estimador bayesiano obtenido asumiendo una distribución previa Lévy Estándar con hiperparámetros dados por el caso uno, cuya longitud de intervalo es 0.01032 y 0.00719 respectivamente; sin embargo, se observaron diferencias en la longitud de las regiones de credibilidad a favor de las estimaciones bayesianas. Así mismo, cuando se asumen distribuciones previas diferentes bajo el mismo enfoque, se sigue presentando que los estimadores bayesianos sean iguales, esto ocurre cuando se asumen las distribuciones previas Gamma Inversa, Lévy Estándar con hiperparámetros dados por el caso dos y la distribución previa de Jeffreys, cuyas longitudes de las regiones de credibilidad está dadas por 0.00723, 0.00719 y 0.00752, respectivamente; en particular se observó que la amplitud de las dos primeras regiones es menor que al asumir la distribución previa de Jeffreys.

Finalmente, dado que desde el enfoque bayesiano se proponen siete distribuciones previas diferentes para obtener una estimación de σ^2 y además dos modelos desde el enfoque clásico, se hace necesario establecer cuál de los mismo es el más adecuado para representar los resultados.

Tabla 4. Estimación de $\hat{\sigma}^2$ de la aproximación clásica, bayesiana y por regiones

Enfoque	Modelo	$\hat{\sigma}^2$	IC 95%
Clásico	MMV	0.00076	(0.0005, 0.0011)
	Bootstrap	0.00075	(0.0005, 0.0010)
Distribución Posterior		$\hat{\sigma}^2$	RC 95%
Bayesiano	Gamma Inversa1	0.00077	(0.0006, 0.0011)
	Gamma Inversa2	0.00073	(0.0006, 0.0010)
	Gamma Inversa3	0.00077	(0.0006, 0.0011)
	Gamma Inversa4	0.00081	(0.0007, 0.0011)
	Gamma Inversa5	0.00076	(0.0006, 0.0010)
	Gamma Inversa6	0.00077	(0.0006, 0.0011)
	Gamma Inversa7	0.00079	(0.0006, 0.0011)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Estimación de $\hat{\sigma}$ a partir de $\hat{\sigma}^2$ desde los diferentes enfoques.

Enfoque	Modelo	$\hat{\sigma}$	IC 95%	EE
Clásico	MMV	0.02756	(0.0234 , 0.0337)	0.0035
	Bootstrap	0.02738	(0.0229 , 0.0317)	0.0002
Distribución Posterior		$\hat{\sigma}$	RC 95%	EE
Bayesiano	Gamma Inversa1	0.02774	(0.0261 , 0.0337)	$1.9e^{-05}$
	Gamma Inversa2	0.02701	(0.0253 , 0.0321)	$1.7e^{-05}$
	Gamma Inversa3	0.02774	(0.0260 , 0.0332)	$1.8e^{-05}$
	Gamma Inversa4	0.02846	(0.0265 , 0.0338)	$1.9e^{-05}$
	Gamma Inversa5	0.02756	(0.0258 , 0.033)	$1.8e^{-05}$
	Gamma Inversa6	0.02774	(0.026 , 0.0331)	$1.8e^{-05}$
	Gamma Inversa7	0.02810	(0.0262 , 0.0336)	$1.8e^{-05}$

Fuente: Elaboración propia.

5.1 Criterios de selección del modelo

De acuerdo a la naturaleza propia del modelo de Black Scholes, que define el valor de la *prima* que se debe pagar al momento de realizar el contrato entre las partes, y dado que la volatilidad es una medida de incertidumbre, entonces el objetivo en esta sección es presentar los procedimientos de selección del modelo que mejor se ajuste a lo que sucede en la realidad. Entre los procedimientos se encuentran el criterio del DIC y dos formas heurísticas; estos procedimientos se plantearon dado que no se contó con información sobre el cálculo de la prima real para contrastar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Caso I: Desde el punto de vista bayesiano, se utiliza el Criterio de Información de la Desviación (Deviance information criterion, DIC), que se basa en la distribución posterior, dado que la log-verosimilitud del modelo es una medida de ajuste del modelo a los datos, y la desviación es una medida de discrepancia entre el modelo y los datos.

El criterio del DIC se calcula mediante la expresión:

$$DIC = P_d + P_h,$$

donde:

$$P_d = P_h - \text{media}[-2 \ln L(r_1, \dots, r_n | \text{Var}[h(\phi | r_1, \dots, r_n)])]$$

$$P_h = \text{media}[h(\phi | r_1, \dots, r_n)].$$

De acuerdo a la escala de interpretación del DIC, modelos con menor valor indican modelos plausibles para el ajuste de los datos. Por consiguiente, con el fin de identificar el modelo apropiado para la estimación del parámetro de volatilidad, en la Tabla 6 se observa que la distribución previa Gamma Inversa con hiperparámetros dados por el caso tres posee un menor valor en el DIC, seguido de la distribución Lévy Estándar caso tres.

Tabla 6. Criterio DIC.

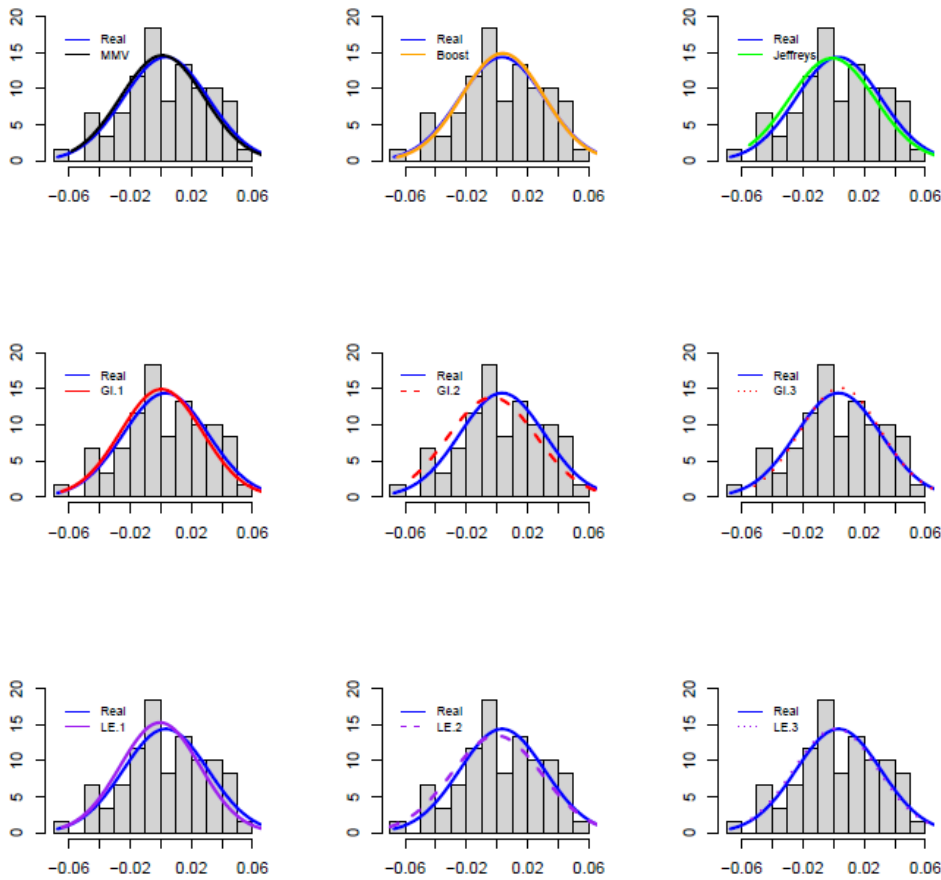
Previa	Posterior	DIC
Jeffreys	Gamma Inversa	2672.85
		3060.45
Gamma Inversa	Gamma Inversa	2742.58
		2534.51
		2832.83
Lévy Estándar	Gamma Inversa	2753.31
		2631.79

Fuente: Elaboración propia.

Caso II: Aproximación heurística 1, se considera un método empírico en el que se realiza un estudio de simulación de la distribución normal $N(\mu, \sigma)$ tomando las estimaciones del parámetro $\hat{\sigma}$ de los nueve modelos asociados a σ^2 y reportados en la Tabla 5, es decir, el objetivo es determinar si las distribuciones simuladas presentan un buen ajuste con respecto a la serie de datos considerada en el estudio.

De acuerdo con la Figura 6 se evidencia que el comportamiento de las funciones de densidad de probabilidad para las distribuciones simuladas asociadas a los modelos clásicos, estos es, Máxima Verosimilitud y Bootstrap, como los modelos bayesianos, con distribuciones previas Gamma Inversa y Lévy Estándar con hiperparámetros dados por el caso tres; no presentan diferencias significativas con respecto a la función de densidad de probabilidad de la serie R_t , es decir, la curva de densidad simulada se superpone (los datos obtenidos usando estos modelos son muy próximos a los reales) sobre la densidad real, caso que no ocurre con los otros modelos en estudio. Sin embargo, se evaluó el error estándar de estimación (EE) y se observó que el método de Bootstrap presenta el menor EE con relación al método de Máxima Verosimilitud; además, entre los estimadores bayesianos obtenidos asumiendo como distribuciones previas Gamma Inversa y Lévy Estándar con hiperparámetros dado por el caso tres, poseen el menor valor del EE. Así mismo, los modelos que presentan menor EE subestiman el valor $\hat{\sigma}$ como se observa en la Tabla 7.

Figura 6. Comparación entre las observaciones reales y simuladas $N(0, \hat{\sigma})$.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Estudio simulación $N(0, \hat{\sigma})$ para $n=60$.

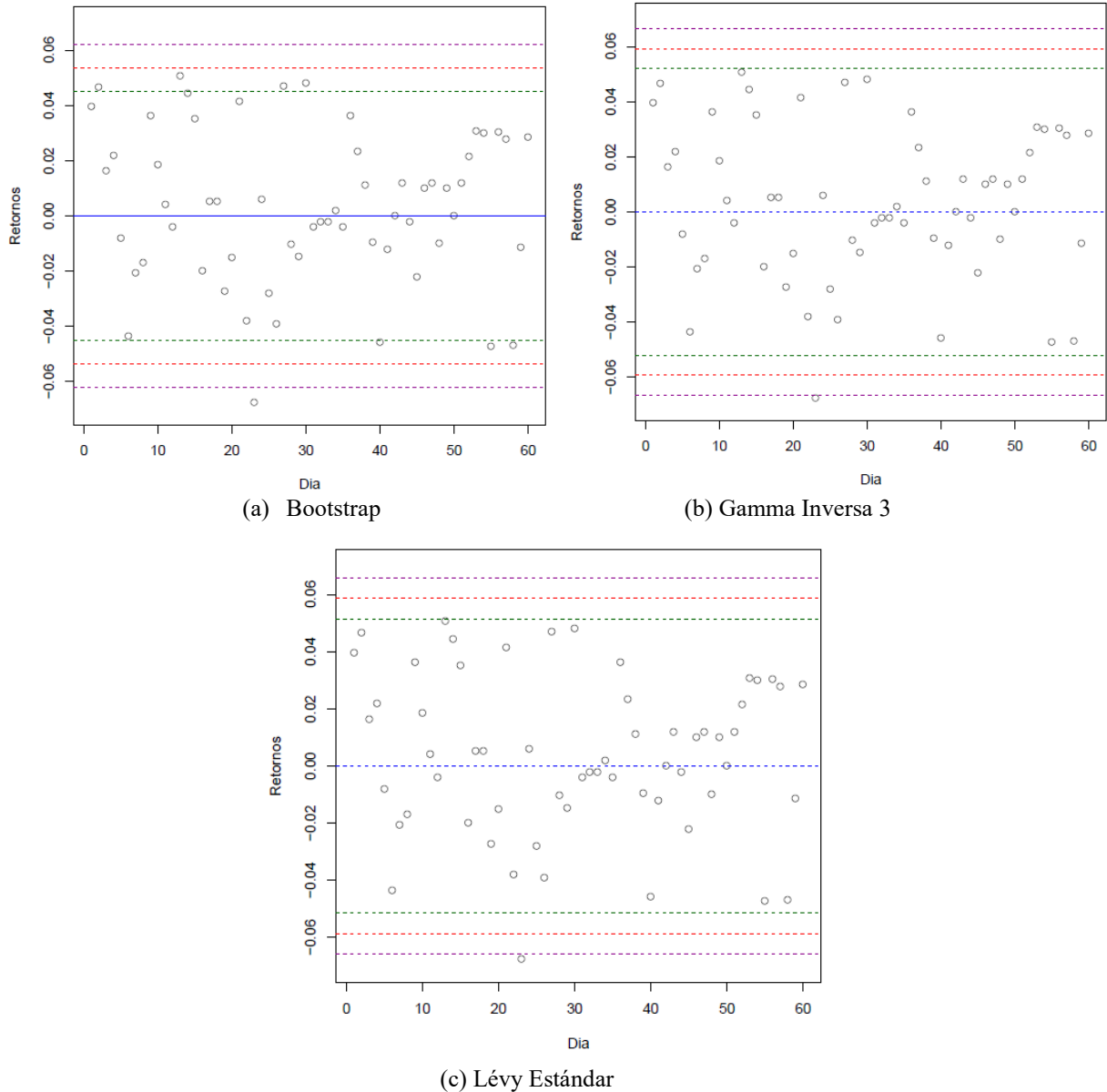
Aproximación	Modelo	$\hat{\sigma}$	$E(\hat{\sigma})$	EE
Clásica	MMV	0.02756	0.027271	0.003520
	Bootstrap	0.02738	0.026736	0.003451
Bayesiana	Jeffreys	0.02774	0.028005	0.003615
	Gamma Inversa 1	0.02701	0.026732	0.003451
	Gamma Inversa 2	0.02774	0.028935	0.003735
	Gamma Inversa 3	0.02846	0.026402	0.003408
	Lévy Estándar 1	0.02756	0.028747	0.003711
	Lévy Estándar 2	0.02774	0.029610	0.003822
	Lévy Estándar 3	0.02810	0.027638	0.003568

Fuente: Elaboración propia.

Dado que las observaciones obtenidas usando el modelo ajustado con las estimaciones Bootstrap presentan menor variabilidad en el intervalo de confianza y menor error estándar de estimación con relación al método de Máxima Verosimilitud, y además las distribuciones previas Gamma Inversa y Lévy Estándar con hiperparámetros dados por el caso tres poseen menor DIC y error estándar de estimación, en la Figura 7 se observan las bandas de confianza para la volatilidad de los retornos, con

un nivel de confianza del 95%, tanto para las estimaciones puntuales como para los extremos de los intervalos en el enfoque clásico como bayesiano, mencionados anteriormente.

Figura 7. Bandas de Confianza al 95% para la volatilidad de los retornos.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7 se observa, que ambos métodos de estimación, clásico y bayesiano, no logran capturar la totalidad de los retornos. Sin embargo, al analizar los extremos de los intervalos de las estimaciones para σ , se evidencia que los métodos bayesianos logran capturar mayor información que el método clásico. Por tanto, los métodos bayesianos, además de presentar menor variabilidad en sus regiones de credibilidad al 95% logran capturar más información de los retornos que el método clásico.

Caso III: Aproximación heurística 2, se realiza el pronóstico del precio del activo \hat{P}_t a partir de la ecuación diferencial estocástica propuesta por Paul Samuelson en 1965, ecuación de la que se generaliza el modelo de Black Scholes. De acuerdo con la revisión de la literatura (Hull, 2006; Venegas, 2008) se sigue que el modelo que pronostica el precio del activo, está dado por:

$$\hat{P}_t = P_{t-1} \exp\left(\hat{\mu} - \frac{1}{2} \hat{\sigma}^2\right) + \hat{\sigma}\epsilon_t, \quad [28]$$

donde $\epsilon_t \sim N(0,1)$.

Para realizar el pronóstico de los precios de un activo mediante el modelo [28], los parámetros $\hat{\mu}$ y $\hat{\sigma}$ no deben variar drásticamente en el tiempo, es decir, se debe verificar que la serie de retornos R_t no presenta autocorrelación significativa entre dos periodos de tiempo, lo que ya se verificó anteriormente (Figura 3).

En consecuencia, se obtienen nueve estimaciones diferentes para el precio del activo \hat{P}_t , y a partir de las estimaciones del precio se evaluó la estimación de la serie de retornos \hat{R}_t y a la vez se calculó las siguientes medidas de error,

- Error Absoluto Medio (Mean Absolute Error (MAE))

$$MAE = \frac{1}{60} \sum_{t=0}^{60} |R_t - \hat{R}_t|. \quad [29]$$

- Error Porcentual Absoluto Medio (Mean Absolute Percentage Error (MAPE))

$$MAPE = \frac{1}{60} \sum_{t=0}^{60} \left| \frac{R_t - \hat{R}_t}{R_t} \right|. \quad [30]$$

donde el MAE es una métrica que determina la distancia ponderada entre los valores observados y los estimados. Si el MAE es próximo a cero, indica que la estimación, asociada a cualquiera de los modelos en estudio, predice observaciones del parámetro con una muy buena exactitud. Así mismo, el MAPE es la medida de los valores absolutos ponderada por el inverso del valor real. Estos pesos consiguen reducir el efecto de los errores asociados a los valores extremos; en tal caso se considera que la predicción es buena si se acerca al valor real.

En el modelo [30] se aplicó considerando $P_0 = \$2260$ que representa la primera observación de la muestra en estudio, y $\hat{\mu} = 0,003285\%$. Una vez obtenida las estimaciones del precio se evaluó la serie de retornos y se observó que en las medidas de evaluación de pronóstico el modelo bayesiano que asumió como distribución previa Gamma Inversa caso uno posee el menor valor en MAE y MAPE, con relación a los demás modelos, lo que confirma que dicho modelo pronostica con mínimo error los retornos de las acciones de ECOPETROL (Tabla 8).

Tabla 8. Errores de pronóstico métodos clásico y bayesiano.

Aproximación	Modelo	MAE	MAPE
Clásica	MMV	$1.1146e^{-05}$	0.0008704
	Bootstrap	$1.1076e^{-05}$	0.0008648
	Jeffreys	$1.1222e^{-05}$	0.0008762
Bayesiana	Gamma Inversa 1	$1.0926e^{-05}$	0.0008531
	Gamma Inversa 2	$1.1222e^{-05}$	0.0008762

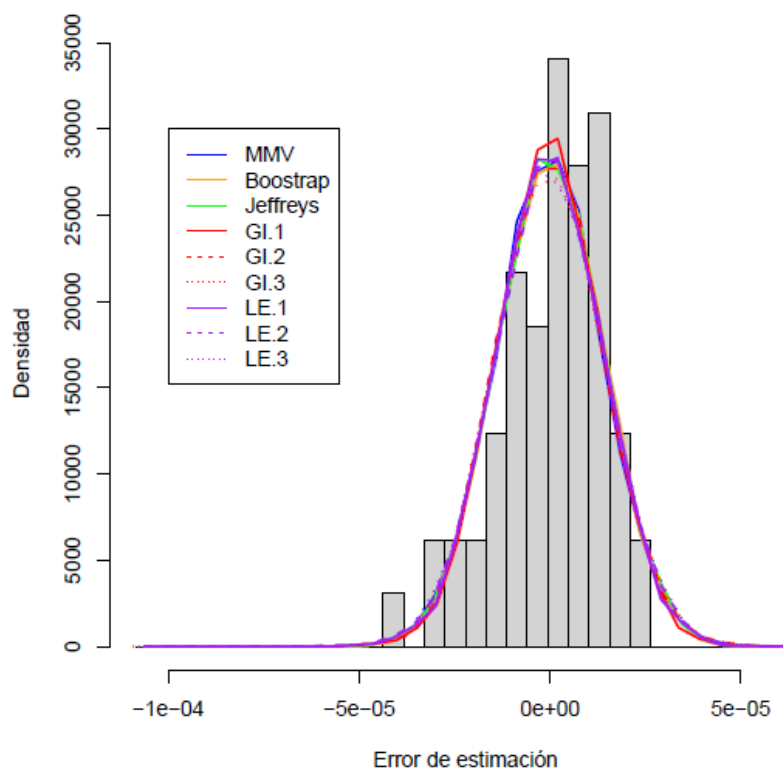
Gamma Inversa 3	$1.1114e^{-05}$	0.0008989
Lévy Estándar 1	$1.1146e^{-05}$	0.0008704
Lévy Estándar 2	$1.1222e^{-05}$	0.0008762
Lévy Estándar 3	$1.1168e^{-05}$	0.0008876

Fuente: Elaboración propia.

Además, se realizó la comparación gráfica de la diferencia entre los retornos pronosticados y los reales ($\Delta t = R_t - \hat{R}_t$), evidenciando que la distribución de los errores presenta un centramiento próximo a cero y es leptocúrtica (Figura 8). Sin embargo, se evaluó las medidas de tendencia central y se observó que en particular los errores asociados a la estimación asumiendo la distribución previa Gamma Inversa caso uno, presentó el menor rango de estimación con un valor de la media muy próxima a cero y muy cercano al valor de la mediana.

En general, se evidenció que tanto los errores de estimación como las medidas de tendencia central para los errores en los diferentes modelos no presentan grandes diferencias.

Figura 8. Errores de pronóstico.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Estadística descriptiva de los errores.

Modelo	Media	Mediana	Des. Estándar	Mínimo	Máximo
MMV	$1.284e^{-08}$	$1.266e^{-06}$	$1.395e^{-05}$	$-3.848e^{-05}$	$2.629e^{-05}$
Bootstrap	$1.590e^{-08}$	$1.258e^{-06}$	$1.387e^{-05}$	$-3.823e^{-05}$	$2.630e^{-05}$
Jeffreys	$1.614e^{-08}$	$1.274e^{-06}$	$1.405e^{-05}$	$-3.873e^{-05}$	$2.665e^{-05}$
Gamma Inversa 1	$1.567e^{-08}$	$1.241e^{-06}$	$1.368e^{-05}$	$-3.771e^{-05}$	$2.595e^{-05}$
Gamma Inversa 2	$1.614e^{-08}$	$1.274e^{-06}$	$1.405e^{-05}$	$-3.873e^{-05}$	$2.665e^{-05}$
Gamma Inversa 3	$1.661e^{-08}$	$1.308e^{-06}$	$1.441e^{-05}$	$-3.974e^{-05}$	$2.735e^{-05}$
Lévy Estándar 1	$1.284e^{-08}$	$1.266e^{-06}$	$1.395e^{-05}$	$-3.848e^{-05}$	$2.629e^{-05}$
Lévy Estándar 2	$1.614e^{-08}$	$1.274e^{-06}$	$1.405e^{-05}$	$-3.873e^{-05}$	$2.65e^{-05}$
Lévy Estándar 3	$1.637e^{-08}$	$1.291e^{-06}$	$1.423e^{-05}$	$-3.923e^{-05}$	$2.700e^{-05}$

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

En este documento se ha desarrollado la estimación del parámetro de volatilidad del modelo de Black Scholes, expresado a través de la varianza de los retornos usando métodos propios del enfoque clásico como bayesiano. Desde el enfoque bayesiano se propone una metodología estadística para la estimación de los hiperparámetros de las distribuciones previas propuestas en el estudio. Al usar los métodos bayesianos, se observó que la estimación del parámetro de volatilidad tiende a tomar un rango de valores más estrechos que el observado en el enfoque clásico, es decir, dichas regiones de credibilidad al 95% presentan una menor variabilidad en la estimación. Además, se evidenció que los métodos bayesianos logran capturar más información de los retornos que el método clásico de acuerdo al gráfico Bandas de confianza para la volatilidad (Figura 7). En nuestra revisión de la literatura no encontramos estudios en los que se haya considerado como distribución previa Lévy Estándar al parámetro de volatilidad.

De acuerdo a la comparación de los modelos bayesianos para la estimación de la volatilidad, se observa que cuando se toma como distribución previa Gamma Inversa (caso tres), ésta presenta un menor valor en el DIC indicando que el modelo tiene un mejor ajuste frente a los demás, seguido de la distribución previa Lévy Estándar caso tres. Sin embargo, cuando se asume la segunda forma heurística para la elección del modelo considerando los dos enfoques, clásicos y bayesianos, se puede concluir que, en el enfoque clásico la técnica de Bootstrap presentó menor error de estimación del parámetro comparado con el método de la Máxima Verosimilitud y los estimadores bayesianos que asumieron como distribuciones previas Gamma Inversa y Lévy Estándar con hiperparámetro dado por el caso tres, presentaron el menor valor en el error de estimación. Así mismo, al considerar la segunda forma heurística, se tiene que los modelos bayesianos que asumieron como distribución previa Gamma Inversa y Lévy Estándar (caso uno) logran realizar pronósticos tanto del precio de la acción como de los retornos con el menor error de estimación observado (considerando $\mu \neq 0$). En general, los estimadores obtenidos por los modelos bayesianos, cuando se asumen las diferentes distribuciones previas, presentan un buen desempeño en la estimación del parámetro de volatilidad, en cuanto a las estimaciones por regiones y minimizando el error de estimación.

Finalmente, nuestros resultados nos permiten concluir que es posible obtener estimaciones de muy buen rendimiento para el parámetro de volatilidad, utilizando como distribuciones previas Gamma Inversa (α, β) con hiperparámetro obtenido a partir de las observaciones comprendidas entre el 2 de enero de 2017 y el 30 de diciembre de 2017, donde se evaluó la media y la varianza cuyos resultados se reemplazaron en la ecuación [26]; sin embargo, independiente del caso de los hiperparámetros en los diferentes procedimientos, se evidenció que los resultados no presentan diferencias significativas, es

decir, la metodología propuesta se puede aplicar en diferentes campos de estudio, donde la variable de interés presente un comportamiento asimétrico positivo.

Por otro lado, nuestros resultados tienen usos potenciales en la gestión de riesgos, aunque no consideramos problemas de cartera, es posible llevar a cabo dichas extensiones. Del mismo modo, se podría utilizar esta metodología en modelos de precios de opciones distinto al de Black-Scholes. Se deja como consideración para próximos estudios incorporar aleatoriedad tanto al precio del activo subyacente como a la tasa de interés. Así mismo, se puede considerar otro tipo de distribuciones asimétricas utilizadas y comparar los resultados tomando como distribuciones de referencia Gamma Inversa y Lévy Estándar, puesto que, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, éstas resultan ser buenas candidatas a la hora de ajustar datos con presencia de valores extremos.

Referencias

- Achcar, J.A., Lopes, S.R., Mazucheli, J., & Linhares, R.A. (2013). Bayesian approach for stable distributions: some computational aspect. *Open Journal of Statistics*, 3(4), 268-270.
- Alexander, C. (2005). Modelos De Mercado: um Guia Para Análise de Informações Financeiras. *Market Models: a Guide for Financial Information Analysis*. BM&F/Saraiva, São Paulo.
- Awartani, B.M., & Corradi, V. (2005). Predicting the volatility of the S&P-500 stock index via GARCH models: the role of asymmetries. *International Journal of Forecasting*, 21(1), 167-183.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 9, 81-89.
- Bernardo, J., & Smith, A. (2009). *Bayesian theory*. New York: John Wiley & Sons.
- Bolsa de valores de Colombia (2019, 02 de agosto). <https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc>.
- Box, G., & Tiao, G. (1973). *Bayesian Inference in Statistical Analysis*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Casella, G., & Berger, R (2001). *Statistical Inference*. United States: Duxbury Advanced Series.
- Cortes, C., & Cangrejo, A. (2018b). Modelo de volatilidad en un mercado financiero colombiano. *Comunicaciones en Estadística*, 11(2), 191-218.
- Cortes, C., & Cangrejo, A. (2019). Modelo de volatilidad a los precios de cierre de la acción PFCEMARGOS comprendidas entre 16/mayo/2013 al 31/mayo/2017. *Cuadernos de Economía*, 42(119), 119-138.
- Cox, J., Ross, S., & Rubenstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7, 229-264.

- Chen, Z., Du, J., Li, D., & Ouyang, R. (2013). Does foreign institutional ownership increase return volatility? Evidence from China. *Journal of Banking & Finance*, 37(2), 660-669.
- Danielsson, J. (1994). Stochastic Volatility in Asset Prices Estimation with Simulated Maximum Likelihood. *Journal of Econometrics*, 64, 375-400.
- Darsinos, T., & Satchell, S. (2001). Bayesian analysis of the Black-Scholes option price. *University of Cambridge*, 9, 4-36.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another looks at the jackknife annals of statistics. *The Annals of Statistics*, 7(1), 1-26.
- Franco, P.B.A., Restrepo, D.A., & Pérez, F.O. (2007). Estudio de efectos asimétricos y día de la semana en el índice de volatilidad VIX. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(11), 125-147.
- Gelman, A., Carlis, J., Stern, H., & Rubin, D. (2003). *Bayesian data analysis*. New York: Chapman & Hall.
- Goudarzi, H., & Ramanarayanan, C. (2010). Modeling and estimation of volatility in Indian stock market. *International Journal of Business and Management*, 5(2), 85-98.
- Ho, W., Lee, A. & Marsden, A. (2011). Use of Bayesian Estimates to determine the Volatility Parameter Input in the Black-Scholes and Binomial Option Pricing Models. *Journal of Risk and Financial Management*, 7, 74-96.
- Hull, J.C. (2005). *Fundamentals of Futures and Options Markets*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hull, J.C. (2006). *Options, Futures, and Other Derivatives*. New Jersey: Pearson.
- Karolyi G.A. (1993). A Bayesian Approach to Modeling Stock Return Volatility for Option Valuation. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 18(4), 579-594.
- Kearney, C., & Daly, K. (1998). The causes of stock market volatility in Australia. *Applied Financial Economics*, 8(6), 597-605.
- Khan, F., Khan, S.U.R., & Khan, H. (2016b). Pricing of risk, various volatility dynamics and macroeconomic exposure of firm returns: New evidence on age effect. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(2), 551-561.
- Martínez, F. (2008). *Financial and economic risks: Derivatives and economic decisions under uncertainty*. México D.F.: Cengage Learning Editores.
- Merton, R. (1973). Theory of rational option pricing. *Bell. Journal of Economics and Management Science*, 4, 14-32.
- Ncube, M., & Satchell, S. (1997). The Statistical Properties of the Black-Scholes Option Price. *Mathematical Finance*, 7, 287-305.

- Nguyen, V.B. (2015). Effects of fiscal deficit and money M2 supply on inflation: evidence from selected economies of Asia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 20(38), 49-53.
- Nolan, J. P. (2003). Modeling financial distributions with stable distributions. *Handbooks in Finance*, 1, 105-130.
- Rossetti, N. , Nagano, M., & Meirelles, J. (2017). A behavioral analysis of the volatility of interbank interest rates in developed and emerging countries. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 22(42), 99-128.
- Sharif, J., Hashim, K., & Faisal, K. (2018). Return Volatility and Macroeconomic Factors: A Comparison of US and Pakistani Firms. *Business & Economic Review*, 10(2), 1-28.
- Tsay, R.S. (2005). *Analysis of financial time series*. New Jersey: John Wiley & Sons.



Estrategia de fijación de precios en la industria hotelera. El caso del hotel Tryp Atocha Madrid

CALVO, ELENA

Universidad de Zaragoza (España)

Correo electrónico: ecalvo@unizar.es

TAPIA, JAVIER

Universidad de Zaragoza (España)

Correo electrónico: jtapia@unizar.es

ALBISU, PABLO

Universidad de Zaragoza (España)

Correo electrónico: pabloalbisu@hotmail.com

RESUMEN

Determinar el precio diario que los clientes pagan por noche de alojamiento es fundamental para los gestores hoteleros. El precio cambia por diferentes motivos, entre otros, la ocupación, el precio de la competencia, los precios para grupos, ser día festivo o un acontecimiento importante en la ciudad y la satisfacción del cliente. Se investigan las variables influyentes en el precio por habitación que se cobra a los clientes de un hotel madrileño. Se ha usado información de seis meses proporcionada por la empresa Meliá Hotels International. Los resultados describen que un incremento en BAR, precio de la competencia y tarifas individuales-grupales aumentan el precio, mientras que celebrarse un evento lo disminuye.

Palabras clave: formación de precios; ocupación hotelera; BAR; ADR; Madrid.

Clasificación JEL: D40, L83.

MSC2010: 62J05, 91B42, 91B74.

Pricing strategy in the hotel industry. The case of the hotel Tryp Atocha Madrid

ABSTRACT

Determining the daily accommodation price that customers pay per night is essential for hotel managers. The price changes for different reasons: demand, competition price, prices for groups, holidays or days with a major event in the city, and customer satisfaction. In this research, we evaluate the influential variables in the price per room that is charged to the clients of a hotel in Madrid. Six-month information provided by the Melia Hotels International Company has been used. The results describe that an increase in BAR, competitor's price and individual-group rates increases the price while an event decreases it.

Keywords: price formation; hotel occupancy; BAR; ADR; Madrid.

JEL classification: D40, L83.

MSC2010: 62J05, 91B42, 91B74.



1. Introducción

España es uno de los países líderes en el sector turístico. Según datos de la Organización Mundial de Turismo (UNWTO, 2016), España es el primer destino mundial en turismo vacacional, el segundo país en gasto turístico y el cuarto en número de turistas. Madrid, por diferentes motivos, se ha hecho un hueco en el panorama turístico internacional. La amplia oferta de ocio que ofrece la ciudad (De Rosa et al., 2019) se une a la infraestructura de negocios, la importancia turística de los eventos deportivos en Madrid (Mañas, 2019) y la gastronomía como dinamizador económico y foco de atracción turística (Cascales-García et al., 2017).

Es un hecho que los eventos celebrados en la ciudad atraen a miles de visitantes que se alojan en sus hoteles y favorecen la ocupación hotelera, afectando a las tarifas de hospedaje. Es precisamente la determinación del precio del alojamiento el objeto de numerosos estudios por los fuertes impactos que decisiones erróneas pueden acarrear en la industria hotelera. Steed y Gu (2005) señalan que los operadores hoteleros realizan grandes esfuerzos a la hora de fijar las tarifas por habitación y apuntan que tan sólo la diferencia en un dólar en la tarifa diaria, para un hotel de 500 habitaciones, supone una disminución de los ingresos anuales en 127.750 dólares.

A pesar de la importancia que el sector turístico tiene en la economía de la Comunidad de Madrid, son pocos los trabajos empíricos centrados en las estrategias de fijación de precios de los hoteles madrileños. Actualmente las investigaciones apuntan a mejorar el conocimiento de la disposición a pagar por los servicios y calidad ofrecidos (Chattopadhyay & Mitra, 2019); para ello se necesita ampliar el abanico de estudios realizados sobre el efecto en el precio de las habitaciones. En este sentido, es de gran interés disponer de estudios empíricos como el que se desarrolla en este trabajo. En el caso que nos ocupa, veremos que económicamente es posible estimar la repercusión de ciertos atributos a partir de los datos proporcionados por una empresa del sector.

El departamento de Revenue Management de la cadena Meliá Hotels International desea utilizar su base de datos para optimizar el precio que debe cobrar a partir de distintos atributos como son la localización, competencia y tipología de alojamiento; a fin de alquilar las habitaciones en el momento más adecuado y al mejor precio, consiguiendo maximizar el ingreso obtenido. Además, se ofrecerá la respuesta estimada de los consumidores ante cambios en las tarifas de la competencia, celebración de eventos, valoración realizada por los clientes, ser o no día festivo, contratación por grupos, etc.; cuestiones, todas ellas, que se analizan en este trabajo.

El hotel que se ha elegido para realizar el análisis de precios ha sido el Tryp Atocha Madrid (en adelante TMA), hotel de cuatro estrellas localizado en pleno centro de Madrid. Su competencia son los alojamientos: Paseo del Arte, Catalonia Atocha, Catalonia Plaza Mayor, NH Madrid Nacional, Rafaelhoteles Atocha y Quatro Puerta del Sol; todos ellos situados en la misma zona del centro de Madrid. Los hoteles señalados se ajustan a las necesidades del visitante de negocios y de ocio por su categoría de cuatro estrellas. El hotel cumple los requisitos señalados en Assaf et al. (2017), que indican que los hoteles deben estar ubicados cerca de destinos turísticos populares para seguir siendo competitivos.

Específicamente, en esta investigación se analizará cómo ciertos factores condicionan la formación de precios para una habitación estándar en el TMA. Con el fin de cumplir con el objetivo general anterior, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- (1) Construir un modelo econométrico para evaluar la influencia de ciertos factores en la tarifa por alojamiento.
- (2) Dar respuesta a las siguientes cuestiones:
 - i) ¿El precio de las habitaciones de los hoteles de la competencia tiene algún tipo de influencia sobre los precios de las habitaciones del TMA?

- ii) ¿Cómo afecta la contratación por grupos al precio de las habitaciones?
- iii) ¿Cómo afecta ser día festivo o la celebración de eventos a las tarifas?
- iv) ¿Cómo afecta la calificación de los clientes al precio del alojamiento?

Este trabajo se diferencia de trabajos existentes en la literatura porque los autores realizan la modelización con datos internos proporcionados por el departamento de Revenue Management de la empresa, en general, difíciles de obtener. Será de interés, dados los pocos estudios realizados a partir de datos reales, para poder comparar los resultados de este estudio de caso con los resultados ofrecidos en las publicaciones basadas en encuestas hoteleras o bases de datos de páginas relacionadas con el sector (Booking, TripAdvisor, Swoodoo...).

El proceso de análisis de los factores que afectan a la generación de precios se ha estimado en diversos trabajos a partir de las bases de datos proporcionadas por páginas del sector. En las publicaciones de Soler y Gemár (2017) o Herrmann y Herrmann (2014), por ejemplo, se estudia cómo la realización de un evento determinado afecta a los precios de un conjunto de hoteles. Como diferencia concreta, este trabajo estudia el análisis del efecto que tienen todos los eventos y festivos de un semestre en un hotel concreto. Además, se amplía el estudio incorporando otras variables significativas en la determinación del precio.

Los resultados de este estudio son de gran interés para los gestores del sector para que puedan identificar las oportunidades de este mercado; para las instituciones, como ayuda para el desarrollo de políticas y campañas de marketing dirigidas a atraer a los potenciales turistas; y para los investigadores, para comprender la importancia relativa de los atributos que influyen en la fijación del precio del alojamiento.

El trabajo está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 recoge datos relevantes sobre la demanda hotelera de Madrid, hitos importantes en la ciudad y la revisión de la literatura sobre fijación de precios. En la sección 3 se especifican las variables del modelo, descripción de los datos y preparación del modelo. En la sección 4 se incluyen los resultados empíricos, estimando el modelo y las pruebas econométricas del mismo, así como sus predicciones. En la sección 5 se recoge la discusión y conclusiones del trabajo y en la sección 6 se exponen las implicaciones para el sector y las limitaciones del trabajo.

2. Revisión de la literatura

2.1. Huella del turismo en la ciudad de Madrid

Delgado e Inchausti (2003) señalan que Madrid es centro de reuniones de personas, ideas, recursos, cultura, arte, espectáculo, etc., pudiendo considerarse una de las “puertas de acceso” a Europa por el tráfico aéreo que supone el aeropuerto internacional Madrid-Barajas Adolfo Suárez. En INE (2016) se indica que los visitantes de Madrid revelan como principal motivo de viaje el ocio y las vacaciones combinando un modelo híbrido de ocio y negocios. En el turismo de ocio-negocios una de las principales características para los clientes hoteleros es la localización. Los hoteles estudiados se encuentran en zonas céntricas y cercanas a puntos turísticos lo que convierte al cliente de ocio-negocios en uno de sus principales consumidores.

En el año 2018, la ciudad de Madrid recibió más de 10 millones de visitas, de los que un 53% eran turistas internacionales. Los principales países visitantes fueron por este orden: EE.UU., Reino Unido, Italia, Francia, Alemania y Portugal, alegando como motivo principal para viajar: Ocio y Vacaciones (65%), seguido de Trabajo y Negocios (18%) así como la asistencia a Ferias y Congresos (17%) y la principal forma de alojamiento fueron los hoteles según Madrid-Destino (2018). El turismo

de negocio es de suma importancia para la ciudad de Madrid. Son numerosas las empresas nacionales e internacionales que la eligen para realizar reuniones de trabajo, congresos y ferias. Esta clase de eventos son de suma importancia para el sector hotelero de la ciudad situándose como la tercera ciudad del mundo donde más congresos internacionales se celebran (más de 20 mil entre congresos, convenciones y jornadas celebrados en 2017 según la misma fuente).

Jiménez y San Eugenio (2009) señalan que la creación de eventos es una forma de generar imagen de la ciudad y representa una importante promoción del territorio. Entre los eventos más destacados celebrados en la ciudad de Madrid cabe destacar, la Feria Internacional de Turismo (FITUR), la Feria de Arte Contemporáneo (IFEMA-ARCO) y la Mercedes-Benz Fashion Week (MBFWM). Otro paquete importante es el derivado de Eventos Deportivos. Madrid, como capital de España y ciudad europea destacada, acoge multitud de eventos deportivos a lo largo del año, algunos de ellos capaces de movilizar a miles de personas de países extranjeros (Flamarich & Duro, 2014).

Además, en la actualidad la ciudad de Madrid destaca por ser destino preferente del turismo sanitario, turismo que no se encuentra sometido a determinantes estacionales y caracterizado por su gran gasto por visitante (Tapia et al., 2022).

Con todos estos hitos, en el año 2018 se ha incrementado el número de visitantes en un 2,7% aumentando el ingreso por habitación en Madrid en un 0,32% respecto al año anterior, pasando a una tarifa media por noche de hotel de 95,06€. Este aumento ha generado un ingreso por habitación disponible (RevPar) de 73,42€, un 1,8% más que en el año 2017 (Madrid Destino, 2018).

2.2 Fijación de precios

El mecanismo de fijación de precios de los establecimientos hoteleros se ha abordado ampliamente en la bibliografía especializada. Se considera determinado por unas u otras variables dependiendo, tanto de la información disponible, como de la localización del hotel, la clasificación de estrellas, los servicios ofrecidos, estacionalidad, etc. En investigaciones realizadas para el sector hotelero español, Pastor (1999) efectúa un análisis de los precios de los establecimientos hoteleros y concluye que vienen determinados por las características del servicio del hotel y llegan a concluir que el sistema de clasificación por estrellas es el adecuado para estimar precios ya que éstos crecen con la categoría del hotel. En Espinet y Fluvía (2001) se analiza los diferentes precios que pagan los turistas en el sector hotelero de la Costa Brava. Se comparan las diferencias de precios a lo largo de la temporada turística, según el régimen alimenticio y los descuentos y suplementos aplicados. También se concluye que la estacionalidad de la demanda existente en hoteles costeros provoca que existan grandes diferencias en el precio a lo largo de la temporada. Se concluía que existe una minora del 23% en los precios si la contratación se realizaba a través de algún operador turístico en lugar de directamente con el hotel. Aunque este resultado puede haber cambiado en los últimos años con la llegada masiva de contrataciones a través de internet. En Cascales-García et al. (2017) y para los hoteles de cuatro estrellas de Madrid se concluye que, aunque los hoteles han incorporado las redes sociales y muchos las emplean como canal de comunicación, la gestión hotelera no ha incluido el social media para obtener beneficios. Pero, es un hecho bien conocido que, en la actualidad es cada vez más habitual que el cliente adquiera su alojamiento desde la página del hotel o algún portal de reservas. En esta línea, Diana-Jens y Rodríguez-Ruibal (2015) analizan cómo una buena reputación online (posiciones relevantes en Tripadvisor) influye en la política de precios. Los clientes pueden conseguir toda la información relevante para la compra, además de poder contribuir con sus opiniones concluida su estancia en el hotel. Es por ello que, en los nuevos modelos de formación de precios, para mejorar los resultados empresariales, se tiende a incluir variables que incorporan la satisfacción del cliente y la reputación online del establecimiento. No obstante, cuando se analiza el precio del alojamiento para hoteles de idéntica categoría hotelera es posible que estos parámetros no sean tan influyentes.

En el trabajo de Becerra et al. (2013) estudian los efectos de la diferenciación vertical y horizontal en la política de precios en los hoteles españoles, analizando el efecto que la categoría, cadena, competencia, localización y edad del edificio tienen en el precio del alojamiento. Los autores concluyen

que los alojamientos con más estrellas, es decir diferenciados verticalmente, pueden ofrecer menores descuentos y cobrar precios más altos. Una situación análoga se da para los hoteles que pertenecen a cadenas de marca reconocida, es decir, diferenciados horizontalmente. También concluyen que la diferenciación protege a los hoteles de la presión para reducir los precios a medida que aumenta la competencia del sector.

En Herrmann y Herrmann (2014) se introduce como novedad evaluar el impacto que un gran evento, como la Oktoberfest en Múnich, puede tener en el precio del alojamiento. Según los autores, pocos estudios abordan las implicaciones de los grandes eventos en la determinación de precios en hoteles concluyendo que los precios de las habitaciones son más elevados en las noches de viernes y sábado, seguidas de los días de semana y las noches de los domingos, señalando que hay un fuerte impacto en el aumento de precios. En Soler y Gémara (2017) se evalúa el impacto que la Feria de Abril puede tener en el precio del alojamiento. Los resultados indican que, aunque tiene un efecto significativo y positivo en los precios, los resultados varían a lo largo de la Feria. En dichos días el precio aumentó en un 22,26%. Los investigadores también concluyeron que los precios son significativamente más altos durante el evento (28,53%), manteniéndose similar al precio del fin de semana no feriado y llegando a una reducción drástica los domingos de la feria.

En la literatura especializada al analizar precios hoteleros se utilizan generalmente datos de encuestas hoteleras, datos Booking, TripAdvisor, Swoodoo, y es por ello que no se incorporan a la modelización variables destacables como la tasa de ocupación o los ingresos por habitación reservada, como es lógico dado que uno de los objetivos para el departamento de Revenue Management es maximizar el beneficio de la actividad. En esta línea, en Avlonitis e Indounas (2007) señalan que los precios en la industria del turismo (incluyendo los hoteles) se basan casi exclusivamente en políticas de gestión del rendimiento, mientras que una práctica común en otros sectores es ofrecer paquetes de servicios para atraer a los clientes. Además, al tratarse de un sector caracterizado por una competencia intensiva, los autores señalan la importancia de una política de precios orientada a la competencia, es decir, conocer bien los precios de los competidores y diferenciarse con precios superiores para dar imagen de exclusividad, diferenciarse con precios inferiores para captar clientes sensibles al precio o mantenimiento del precio para evitar reacciones imprevistas de los clientes ante subidas.

En Rohlf s y Kimes (2007) concluyeron que en su estudio los encuestados consideraron que el cobro de la tarifa BAR (mejor tarifa disponible por cada noche es más justo), era más aceptable, más razonable y honesto, aunque la tarifa de la habitación cambie de noche a noche.

En Chattopadhyay y Mitra (2019) se construyen diferentes modelos para ordenar las variables más influyentes en el precio del alojamiento en un hotel y concluyen que las variables ingreso por habitación, demanda, estacionalidad (algunos meses) y tendencia son las más relevantes. Además, ajustan el resultado asegurando que cuando se parte de una demanda suficiente, generalmente el aumento en precios incrementa los ingresos por habitación disponible, pero cuando existe escasez en la demanda, un aumento en el precio disminuirá la tasa de ocupación y, por tanto, caerán los ingresos por habitación disponible. Según los autores, para modelizar los ingresos por habitación, han de considerarse tanto la tarifa diaria promedio como la demanda.

Las variables que condicionan los precios son diversas, en el trabajo de Steed y Gu (2005) y Avlonitis e Indounas (2007) pueden encontrarse los principales métodos de fijación de precios de las habitaciones de hotel, analizando las ventajas y desventajas de los métodos preexistentes. Los investigadores coinciden en que las variables que afectan a los niveles de precios son: la competencia (Pastor, 1999; Becerra et al., 2013; Avlonitis e Indounas (2007)), día de registro (Soler & Gémara, 2017), si esto ocurre durante la semana o los fines de semana (Schamel, 2012), eventos importantes (Soler & Gémara, 2017; Herrmann & Herrmann, 2014), la reputación online (O'Connor, 2010; Diana-Jens & Rodríguez-Ruibal 2015), y el rendimiento por habitación (Avlonitis & Indounas, 2007; Chattopadhyay & Mitra, 2019) son algunos ejemplos de los factores temporales que alteran las tarifas diarias.

En este trabajo, además de las variables aceptadas por los investigadores, se han incluido los resultados de satisfacción de los consumidores según diferentes ítems, siguiendo a Chu y Choi (2000), que expresan que características de los hoteles, como son la localización, el precio y la calidad del servicio, son discutiblemente importantes para todos los clientes, pero dependiendo de si se trata de visitantes de negocios o de placer, unas pueden ser más importantes que otras.

3. Metodología de investigación

3.1. Datos y variables

Con la llegada masiva de venta de alojamientos por internet y de intermediarios de viajes online los gestores hoteleros han apostado por publicar en sus webs la tarifa BAR (Best Available Rate / Mejor tarifa disponible) que garantiza que no se va a encontrar una tarifa inferior en ningún canal de distribución. La BAR es, para el sector, una variable determinista que contempla la demanda del mercado, histórico de ocupación, precio medio por día, histórico del ingreso por habitación y día, precios en comparación con el entorno competitivo y estructura de gastos. No obstante, esta tarifa puede ser flexible de manera que el alojamiento puede modificar sus precios al alza o a la baja dependiendo de otros factores. Teniendo en cuenta la información disponible y la revisión bibliográfica, en esta investigación se consideran que dichos factores pueden ser: precio medio de las habitaciones vendidas (Chattopadhyay & Mitra, 2019), variaciones en el precio de la competencia (Avlonitis e Indounas, 2007), si la estancia es en día festivo o laborable (Schamel, 2012), si el día de registro coincide con algún evento importante (Soler & Gemár, 2017; Herrmann & Herrmann, 2014), si la contratación se realiza para grupos o de manera individual y por la satisfacción del cliente (Chu & Choi, 2000).

En este apartado se analiza empíricamente la información disponible para describir la estrategia de precios seguida por el hotel TMA. Se ha usado una base de datos proporcionada por la empresa Meliá Hotels International con los precios propios y de su principal competencia desde el 1 de enero hasta el 30 de junio de 2016. Se dispone de un total de 182 observaciones. Además de los precios, se dispone de información de las siguientes variables: **OCCdef** que representa la ocupación medida en número de habitaciones y **%OCCdef** que simboliza la ocupación en porcentaje; **Ind** recoge el número de habitaciones individuales vendidas; **ADRInd** es el precio medio por habitación individual para ese día; **GRP** incorpora las habitaciones vendidas por agencias, para eventos, etc; **ADRGrp** es el precio medio por habitación contratada con tarifa de grupo; la tarifa **BAR** fijada por el hotel para ese día con IVA incluido y las calificaciones, otorgadas por los clientes, relativas al servicio.

A partir de los datos anteriores se han definido otras variables para analizar la estrategia de formación de precios: **precio medio del alojamiento por noche en TMA**, **precio medio de la competencia**, **Eventos**, variable que representa los acontecimientos desarrollados en la ciudad a lo largo de los primeros 6 meses del año. Será incluida como dummy en el modelo, con valor 1 si se ha celebrado algún evento y 0 en caso contrario. La variable **festivos** representa los días festivos en la ciudad. Recoge los viernes, sábados y domingos y los festivos nacionales o de la Comunidad. Se incluirá como dummy, con valor 1 ser festivo y 0 en caso contrario.

3.2. Principales estadísticos de las variables continuas

En la Tabla 1 se recogen las medidas de correlación entre los precios diarios de los hoteles involucrados en el estudio, pudiendo observarse que se trata de correlaciones positivas muy elevadas, es decir, que la formación de precios de cada hotel está fuertemente condicionada por las decisiones de sus competidores. En concreto, los precios del hotel TMA tiene una alta correlación con los precios de todos los hoteles. Por otro lado, el hotel Rafael hoteles Atocha es el que define menores coeficientes de correlación, posiblemente debido a su alejamiento geográfico con respecto al resto de alojamientos.

Tabla 1. Matriz de correlaciones.

	Paseo del Arte	Catalonia Atocha	Catalonia Pl. Mayor	NH Nacional	Rafael hoteles Atocha	Quatro Sol
TMA	0,69	0,58	0,52	0,63	0,42	0,55
Paseo Del Arte		0,61	0,48	0,71	0,32	0,38
Catalonia Atocha			0,61	0,57	0,32	0,50
Catalonia Pl. Mayor				0,43	0,34	0,52
Nh Nacional					0,23	0,38
Rafael hoteles						0,17

Fuente: Elaboración propia.

Tras analizar la matriz de correlaciones se intuye que el precio de dichos hoteles está interrelacionado y se llega a la conclusión que ningún hotel es competencia directa única del TMA y, en aras a simplificar el modelo, se incluirá como precio de la competencia la media de los seis hoteles que Meliá considera su entorno competitivo.

La dirección del hotel, conocedora de la importancia de la satisfacción del cliente, encargó a una empresa externa la evaluación de los servicios recogidos en la Tabla 2. En la misma tabla se presentan las puntuaciones medias y la desviación estándar. Para todas las variables la calificación media es superior a 70/100 puntos, con desviaciones típicas relativamente pequeñas, lo que indica que la media es una medida representativa para la muestra.

Las mejores calificaciones se han obtenido en las categorías de Pre-llegada y Recepción. El cliente muestra su satisfacción con el hotel desde el momento de la reserva hasta que se instala. La Recepción es la primera imagen que el cliente tiene del hotel y el cliente valora positivamente la predisposición del personal, la presencia de los empleados y del lugar.

Tabla 2. Estadísticos para la satisfacción del cliente.

Variable	Media	D. T.
Pre-Llegada	85,1	1,35
Recepción	85,0	2,59
Habitaciones	74,1	1,27
Restauración	81,7	4,82
Nuestro Hotel	73,7	2,31
Experiencia	79,6	2,21
Reuniones	82,7	8,57
Calidad/Precio	72,0	2,02
Fidelidad	70,5	1,76
Puntuación Total (Gss Overall Score)	78,9	2,18

Fuente: Elaboración propia.

El servicio (Meetings-Reuniones) se sitúa en la tercera posición del ranking, lo que indica la satisfacción del cliente de negocios. Las categorías de Restauración y Experiencia obtienen cerca de 80 puntos, servicios en auge en la industria hotelera. Los clientes se muestran algo menos satisfechos en la relación calidad-precio y en fidelidad. En la actualidad es difícil asegurar la fidelidad del cliente dada

la amplia oferta hotelera que existe en Madrid. Mediante contrastes de igualdad de medias no se observan diferencias significativas entre los servicios, por lo que se podría incluir únicamente la calificación que otorgaron los clientes a “GSS Overall Score-Puntuación final” como resumen de la satisfacción del cliente.

La Tabla 3 recoge los principales estadísticos de las variables importantes para el departamento de Revenue Management. La variable precio medio diario por habitación en el hotel TMA, se sitúa en torno a los 120€. El precio puede llegar a doblarse en algún día concreto y la máxima reducción observada es de 76,5€ que se corresponde con una rebaja del 40% sobre la media. En la variable precio medio de la competencia (PMC), se aprecia que sus valores se sitúan un 10% por encima de los del TMA. Las medidas de posición de la variable BAR se encuentran cercanas a los de precio medio diario del TMA lo que podrá indicar que la tarifa BAR es una buena aproximación de los precios diarios. El estadístico Coeficiente de variación de Pearson (CV) representa el ratio entre la desviación típica y la media muestral de la variable, dando una medida muy intuitiva de la representatividad de la media en la muestra. Genéricamente, se acepta una media representativa para valores de CV menores que la unidad, lo que sucede en todas las variables en estudio.

Tabla 3. Tabla de principales estadísticos.

Variable	Media	CV	Mín	Máx
Precio TMA (pTMA)	122,73	0,22	76,49	235,00
PMC	134,75	0,20	87,98	241,33
BAR	121,17	0,19	85,00	230,00
ADRInd	107,12	0,39	52,50	257,46
ADRGrp	38,43	0,92	0,00	102,36
OCC%def	0,82	0,23	0,28	1,00
Ind	83,83	0,27	41,00	144,00
Grp	37,73	0,70	0,00	101,00
EVENTOS	0,54			
FESTIVOS	0,45			
GSS Overall Score	78,95	0,03	75,44	81,94

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar la gran diferencia de precio que existe entre el precio medio para habitaciones contratadas individualmente (ADRInd) y el precio medio para habitaciones contratadas por grupos (ADRGrp) lo que pone de manifiesto la segmentación del mercado realizada por el hotel entre ofertas individuales y grupos a través de operadores de viajes y webs.

Para las variables EVENTOS y FESTIVOS, al tratarse de variables dummy, su valor medio indica el porcentaje en la categoría. Un valor medio de 54% para eventos indica que la mitad de los días se celebra algún acontecimiento importante en Madrid que podría incrementar sustancialmente la llegada de visitantes y profesionales. La variable FESTIVOS tiene un valor medio de 45%, lo que indica un alto porcentaje de días festivos.

Finalmente, la variable GSS Overall Score medirá la satisfacción general del TMA con altos valores de satisfacción con mínimos por encima de 75/100.

3.3. Modelo de determinación de precio diario

En Chattopadhyay y Mitra (2019) y Soler et al. (2019) se presenta una revisión de los estudios recientes en fijación de precios de la industria hotelera. En varios trabajos se ha empleado una metodología de precios hedónicos, técnica muy eficiente para el análisis de mercados en los que se intercambian productos heterogéneos, como habitaciones de hotel y para los que no existe una valoración de mercado. Dada la particularidad de esta investigación, disponibilidad de datos reales proporcionados por el departamento de Revenue Management, hoteles de cuatro estrellas situados en el centro de la ciudad y con similar número de habitaciones, en este trabajo se ha aplicado la teoría microeconómica para analizar los precios del hotel TMA, una vez conocidas las características del bien a estudiar y los determinantes que pueden influir en su precio.

La expresión general de la ecuación a estimar se define en la ecuación [1].

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + u_t \quad [1]$$

donde P_t representa el precio de una habitación en el t-ésimo día, cada X_{it} representa el valor del atributo i en el t-ésimo día, β_i son los coeficientes asociados a la regresión, con β_0 constante de regresión, y u_t es la perturbación aleatoria del modelo. Partiendo de este modelo, con una relación lineal entre las variables, se procede a tomar las variables en logaritmos neperianos para poder interpretar económicamente los coeficientes en términos de las elasticidades entre las variables exógenas y la variable endógena (Gujarati, 2021; Aznar & Trivez, 1993).

$$\ln(P_t) = \ln(\beta_0) + \beta_1 \ln(X_{1t}) + \beta_2 \ln(X_{2t}) + \dots + \beta_k \ln(X_{kt}) + u_t \quad [2]$$

Los atributos X_i considerados inicialmente son los incluidos en el apartado *datos y variables*. A partir del modelo inicial, y una vez estudiadas las posibles formas estructurales, considerando las variables incluidas en el apartado 3.1., e imponiendo que se verifiquen las hipótesis fundamentales del modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se llega al modelo de la ecuación [3].

$$\ln(pTMA_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(BAR_t) + \beta_2 \ln(PMC_t) + \beta_3 \ln(ADRInd_t) + \beta_4 \ln(ADRGrp_t) + \beta_5 EVENTOS_t + u_t \quad [3]$$

En definitiva, se plantea un modelo doblemente logarítmico para analizar los precios por pernoctación en el TMA, conocer los factores influentes en la determinación del precio medio por habitación y analizar en qué medida afecta al incremento porcentual de la variable endógena un incremento del 1% en la i-ésima variable exógena.

4. Resultados empíricos

El modelo de la ecuación [3] verifica todas las hipótesis básicas. Las variables que finalmente resultaron significativas se incluyen en la Tabla 4. En ella aparecen recogidas las estimaciones de los parámetros, la desviación típica asociada a su estimación junto con el valor del estadístico y p_valor correspondiente a su significación.

Para medir los posibles problemas del modelo, se calcularon los factores de inflación de la varianza (VIF) para la multicolinealidad, como sugiere Schamel (2012); para la autocorrelación se utilizó el contraste de Durbin-Watson. En cuanto a la multicolinealidad, los valores de VIF están por debajo del valor crítico (Tapia et al., 2022). Mientras que el p_valor del test de autocorrelación indica que no existe ese problema para cualquier nivel estándar de significatividad. Para contrastar la homocedasticidad del modelo se utilizaron los contrastes de White y Breusch-Pagan, ambos permiten no rechazar la hipótesis nula. La hipótesis de formulación lineal correcta se ha contratado con el estadístico RESET, mientras que para la normalidad de los residuos se ha utilizado el contraste de Chi-cuadrado. Los p_valor de los contrastes asociados y las conclusiones de éstos se recogen en la Tabla 5.

Tabla 4. Resultados de la estimación.

	Coefficiente	Desviación Típica	Estadístico t	valor p	
const	-0,414	0,322	-1,284	0,202	
<i>l</i> _BAR	0,389	0,117	3,334	0,001	***
<i>l</i> _PMC	0,349	0,120	2,917	0,004	***
<i>l</i> _ADRInd	0,293	0,054	5,380	<0,0001	***
<i>l</i> _ADRGrp	0,089	0,024	3,705	0,000	***
EVENTOS	-0,052	0,022	-2,311	0,023	**

Significatividad viene representada por *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Contrastes de las hipótesis del modelo.

	Test/ p-valor	Conclusión
Multicolinealidad	VIF<10	No existe multicolinealidad
Normalidad (Chi-cuadrado)	0,031	Se acepta normalidad al 1%
Homocedasticidad (White y Breusch-Pagan)	0,309 0,100	Se acepta homocedasticidad para ambos casos
Autocorrelación (Durbin-Watson)	0,152	Se acepta ausencia de autocorrelación
Forma funcional lineal (RESET)	0,139	Se acepta linealidad

Fuente: Elaboración propia.

Se acepta, por tanto, que el modelo está correctamente planteado y sus estimaciones serán correctas. No obstante, cabe señalar que la hipótesis de normalidad no se acepta al 5% (se acepta al 1%), aunque la hipótesis de normalidad, salvo excepciones, es difícilmente mantenida en las distribuciones de precio en los hoteles.

La variable BAR es una de las variables que más se utiliza en la praxis del sector hotelero, aceptada por los investigadores como referencia para la fijación de precios en las cadenas hoteleras (Rohlf & Kimes, 2007) y establece el precio anticipando la demanda. En la estimación realizada, esta variable tiene una elasticidad estimada de 0,39 respecto al precio y es la variable con un mayor coeficiente, lo que indica que provee el mayor cambio porcentual en el precio. Se interpreta como que un incremento de un 1% en el BAR produce un incremento de un 0,39% en el precio del hotel TMA.

Para el logaritmo del precio medio de la competencia, *l*_PMC, se obtiene un coeficiente con valor aproximado de 0,35; que indica que al aumentar 1% el precio medio de la competencia, el precio del alojamiento se elevará un 0,35%, es decir, movimientos en el precio de la competencia cambian en el mismo sentido el precio del hotel TMA pero en menor porcentaje.

Las variables *l*_ADRInd y *l*_ADRGrp que representan el logaritmo neperiano del precio medio por habitación individual y para grupo respectivamente, están asociadas con elasticidades positivas y con coeficientes aproximados de 0,29 y 0,09 respectivamente. Se concluye que, en porcentajes, mayores incrementos en el precio medio de ambos segmentos elevarán el precio ofrecido por el hotel. El incremento porcentual es tres veces mayor en el primer caso y una posible explicación puede ser que el

descuento ofrecido a título individual es sustancialmente menor al ofrecido a los grupos, ya que el alto volumen de reservas de operadores y agencias permite al hotel ofrecer mayores descuentos sobre el precio individual.

Por otro lado, el coeficiente de la variable *Eventos* en la estimación, $-0,052$, señala la importancia de la realización de eventos para el TMA. El valor indica que, en caso de realizarse un evento en la ciudad, el precio se rebaja en un 5%, posiblemente para captar a los clientes que acuden a dichos eventos o debido a la adquisición, a buen precio, de habitaciones para los grupos de participantes en los eventos. El resultado es coherente con la realidad diaria de Madrid, ciudad referente para la realización de ferias y congresos, que se refleja en el nivel de negocio que representa para los hoteles del centro.

Se puede extraer la conclusión que ser día festivo, que no ha resultado significativa en el modelo, no tiene la suficiente importancia para la fijación de precios, de lo que se puede deducir que el principal mercado no se encuentra en turistas de fin de semana o festivos para visitar la ciudad.

En cuanto a las variables que miden la ocupación (OCCdef y %OCCdef), cabe decir que tampoco son significativas en el modelo. Una posible explicación sería que la variabilidad explicada por estas variables puede estar contenida en las variables ADRInd y ADRGrp.

Finalmente, las variables relativas a la satisfacción de los clientes, tanto GSS Overall Score como todas las incluidas en la Tabla 2 no resultan significativas en el modelo. La explicación más plausible es que la discriminación de precios se realiza entre hoteles de cuatro estrellas y posiblemente todos ofrezcan servicios de suficiente calidad. Como es de esperar, las variables recogidas en el modelo son también significativas de forma conjunta.

Por último, el coeficiente R-cuadrado ofrece un valor de 0,77 y de 0,75 en su versión corregida, ambos valores suficientemente altos para que el modelo de regresión tenga interés, indicando que las variables independientes explican en torno al 77% de los factores determinantes en la fijación de precio del hotel.

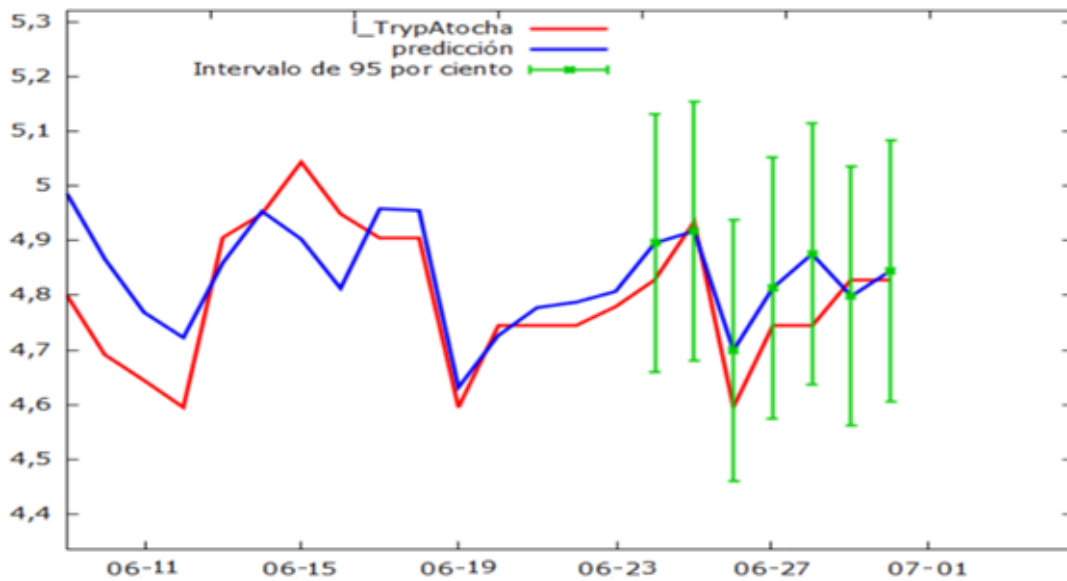
4.1. Capacidad Predictiva del modelo

Tras haber estimado los coeficientes del modelo de determinación de precios, se procede a evaluar la capacidad predictiva del mismo para los datos de la última semana de junio, datos reservados a tal efecto. Las predicciones se incorporan en la Figura 1.

En la Figura 1 se ilustra en color rojo la serie precio medio para los clientes de TMA y, en azul, su predicción; también se incluye, en color verde, el intervalo de confianza para los siete días reservados. Se observa que el modelo es capaz de predecir la tendencia de crecimiento y decrecimiento para los datos predichos y, en todos los casos, se mantiene la permanencia estructural en las predicciones ya que el precio medio se encuentra dentro del intervalo de confianza al 95%. En resumen, los valores estimados se aproximan a los valores reales por lo que se puede concluir que dicho modelo es suficientemente bueno para predecir los precios.

Atendiendo al error medio, con un valor de 0,04, las dispersiones son aceptables con un porcentaje de error medio asociado a la predicción en torno al 1,03%, lo que indicaría que el precio medio por habitación del TMA para los días predichos por la extrapolación del modelo se ajusta correctamente tanto en la predicción por intervalo como en la puntual. La predicción recoge correctamente la tendencia general de la serie de precios y los cambios en el signo de las variaciones. La medida U de Theil, al estar por debajo de la unidad (0,48), indica que las predicciones son precisas. Se concluye que el modelo estimado podría usarse para predecir el futuro a corto plazo.

Figura 1. Predicción para el precio del alojamiento.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 6 se incluye el intervalo de confianza para la predicción del pronóstico de precios del hotel TMA, lo que permite incorporar el impacto que tiene la incertidumbre en la planificación de precios. El precio medio del hotel TMA estará con un 95% de probabilidad en el intervalo incorporado en la última columna de la Tabla 6.

Tabla 6. intervalos de confianza para el precio por habitación 95%.

Día	Intervalo de 95% para precio alojamiento TMA
06-24	(105,52; 169,34)
06-25	(107,84; 173,11)
06-26	(86,59; 139,45)
06-27	(96,97; 156,37)
06-28	(103,14; 166,47)
06-29	(95,69; 153,80)
06-30	(100,13; 161,29)

Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión y conclusiones

Con este trabajo empírico se pretende mostrar a los empresarios del sector y a los responsables de toma de decisiones cómo, a través de estudios econométricos, se puede analizar qué variables afectan a la determinación del precio por alojamiento en sus establecimientos y, por consiguiente, ajustar mejor su política de precios. Los resultados obtenidos en este estudio pueden aportar interesantes ideas para determinar diferentes estrategias de precios con el objetivo de maximizar el ingreso o beneficio del establecimiento hotelero. Estas contribuciones son muy valiosas tanto para los profesionales como para los académicos, ya que complementa la literatura sobre esta área de investigación.

Del análisis descriptivo se deduce que el precio medio por alojamiento en el hotel TMA es de 123€, precio muy similar a la tarifa BAR calculada por el hotel, lo que indica que los gestores del hotel conocen perfectamente las variables que condicionan las tarifas de su alojamiento (la demanda del mercado, histórico de ocupación, precio medio por día, histórico del ingreso por habitación y día, los precios de la competencia y la estructura de gastos). Hay que señalar que el TMA es un 9% más económico que los hoteles de su competencia. El precio medio calculado para el primer semestre del año está en la línea del trabajo de Becerra et al. (2013) en el que se deduce un precio medio de 115€ para una amplia muestra de hoteles del territorio español en diferentes localizaciones (playa, montaña y ciudad), apareciendo un precio más elevado cuando son nuevos, más grandes o no exclusivamente de playa. Al igual que los autores que estiman que las habitaciones individuales pueden conseguir un descuento del 25% sobre la tarifa base, en este trabajo el porcentaje de descuento para las habitaciones de clientes finales es del 21% y son las habitaciones contratadas en tarifa de grupo las que se pueden beneficiarse de mayores descuentos que superan el 70%. Este resultado es coherente con la bibliografía especializada en la que se ofrecen descuentos para aquellos clientes que adquieren grandes cantidades y se ofrecen descuentos a agentes y distribuidores para promover y respaldar el producto o servicio (Langeard, 2000). Además, en la literatura de políticas de precios es frecuente que se ofrezca un servicio a un precio bajo, incluso por debajo del coste, para atraer clientes a los que se les ofrecerá otros más rentables y de mayor precio (Kurtz & Clow, 1998).

Se han analizado las variables que recogen las valoraciones recibidas por los distintos servicios y características propias del hotel, que incluyen la recepción, habitaciones, restauración, nuestro hotel, información, check-in, reuniones, fidelidad y relación calidad precio. También la puntuación total que recoge la percepción de los clientes tras la estancia. Se puede resumir que la satisfacción del cliente, en todas las categorías, es muy buena y similar a las puntuaciones que pueden encontrarse en el portal Booking en la actualidad.

En este trabajo se ha estudiado el impacto que tienen todas las variables en la determinación del precio del alojamiento en el hotel TMA. Como hoteles de su competencia directa se han analizado los datos de seis hoteles de cuatro estrellas situados en el centro de Madrid que Meliá ha predefinido. Los hoteles estudiados son de categoría 4 estrellas, con una capacidad y productos y servicios similares.

Las variables que finalmente están influyendo en la fijación de precios de las habitaciones del hotel TMA han sido: BAR, variable determinística que representa la mejor tarifa disponible; PMC, precio medio de los hoteles que el TMA percibe como su competencia, el ADR por habitaciones individuales y para grupos, que representa el precio medio para las estancias contratadas por particulares y grupos, y los días en los que se celebró un gran evento en la ciudad (como por ejemplo las ferias de FITUR, ARCO o grandes eventos deportivos). De estas 5 variables, BAR, PMC, ADRInd y ADRGrp han resultado tener un coeficiente positivo, interpretándose que ante un aumento de un 1% en el BAR, o en el precio medio de la competencia, o el ingreso por habitación individual o grupal, el Hotel TMA reaccionará con una subida de sus precios. Estos resultados coinciden parcialmente con la literatura especializada. En Cross et al. (2009) concluyen que la tasa de ocupación y el ADR son determinantes en el rendimiento del hotel, pero que el RevPar es una medida superior ya que dicha variable incorpora tanto la tasa de ocupación como el ADR. En nuestra investigación el RevPar no ha resultado significativa, pero si el ADR y una posible explicación es que el efecto de la ocupación esté implícitamente explicado en la variable BAR.

En Falk y Hagsten (2015) concluyen que los precios se ven influenciados por la competencia local. Göthesson y Riman (2005) determinaron que, en el turismo de Suecia, es necesaria una tarifa flexible para mejorar la ocupación del hotel y concluyeron que las ofertas especiales se utilizan para mejorar tal variable. Resultado similar al que se obtiene en esta investigación con la tarifa para grupos, se puede considerar que una oferta para grupos mejora la ocupación. Por otro lado, el coeficiente de la variable EVENTOS presenta un signo negativo, interpretándose que, ante un evento concreto, el TMA actuará con una bajada de precios del 5%. Estos resultados difieren de los resultados recogidos en Soler y Gémár (2017) y Herrmann y Herrmann (2014). Los resultados de la variable pueden deberse a que Madrid, ciudad donde predomina el turismo de negocio, el hotel puede bajar los precios para captar

grupos y aumentar así la ocupación; minimizando el efecto negativo que puede suponer una localización alejada de los grandes recintos feriales y evitar que la mayoría de los visitantes se alojarán en hoteles cercanos al lugar de celebración de dichos eventos. Esta interpretación es afín a los resultados de Avlonitis e Indounas (2007) donde señalan que en las políticas de precios en el ámbito del sector servicios, se deben tanto gestionar la capacidad de la empresa mediante el seguimiento de la demanda de los diferentes segmentos del mercado y cobrar el precio máximo a los segmentos que están dispuestos a pagar (Coulter, 2001; Kimes, 2000), como hacer un esfuerzo por unos precios eficientes, donde se contemplan precios bajos para aquellos clientes que son más sensibles a los precios (Berry & Yadav, 1996).

Es importante indicar que ninguna de las variables que recogen las valoraciones recibidas por los distintos servicios y características propias del hotel han resultado significativas para el modelo de fijación de precios, resultado avanzado en Chu y Choi (2000). En Soler et al. (2019) también concluyen que, para su investigación, los servicios ofrecidos por los hoteles, por sí solos, no pueden explicar la política de precios. Del mismo modo, tampoco ha resultado significativa la variable que representa la ratio relación precio-calidad del hotel. Una posible explicación es la ofrecida en investigaciones previas como Pastor (1999) y Becerra et al. (2013) que concluyen que la diferenciación por estrellas ya ofrece una calidad suficiente para el cliente y los servicios complementarios al de alojamiento crecen con la categoría del hotel. En este estudio se contemplan exclusivamente hoteles de cuatro estrellas, por lo que la calidad de los servicios está asegurada. Además, la calidad del hotel y la satisfacción del cliente están influenciadas por el ADR (Hung et al., 2010; Lee et al., 2016). En este trabajo son influyentes tanto el ADR individual como el grupal.

Desde el punto de vista econométrico la ecuación estimada verifica las propiedades exigidas en la literatura para dicha modelización. Los estimadores tienen las propiedades de insesgadez y eficiencia. Por otra parte, la ecuación no tiene problemas ni de multicolinealidad ni de autocorrelación o heterocedasticidad y está correctamente especificada.

6. Implicaciones y Limitaciones

En cuanto a las limitaciones del estudio, hubiera sido deseable contar con una base de datos más amplia por lo que se puede considerar este estudio como exploratorio. Una base de datos que cubriera el año natural o varios años permitiría realizar un estudio sobre la estacionalidad y ampliar las conclusiones obtenidas. Además, sería interesante estudiar si las pruebas observadas en los resultados presentados se mantienen en el medio o largo plazo.

Tampoco se pueden generalizar directamente estos resultados a otros hoteles porque dependen de las circunstancias propias de cada hotel.

Además, se ha comprobado que diversas variables, que a priori podrían considerarse pertinentes para alojarse en hoteles de la ciudad de Madrid, no son significativas en el presente estudio. Por ejemplo, las relacionadas con la ocupación, la valoración del cliente y ser día festivo.

Por último, los resultados obtenidos con el enfoque metodológico empleado en este estudio son sólidos debido al uso de diversas técnicas econométricas. De hecho, el estudio podría repetirse en otros hoteles.

Agradecimientos

Los autores están particularmente agradecidos a la empresa Meliá Hotels International por proporcionar la base de datos. E. Calvo agradece el apoyo financiero del proyecto INIA RTA2017-00082-00-00 del

Ministerio Español de Ciencia, Innovación y Universidades, y el apoyo mediante la financiación al grupo de investigación S66 del Gobierno de Aragón.

Referencias

- Assaf, A.G., Josiassen, A., Woo, L., Agbola, F.W., & Tsionas, M. (2017). Destination characteristics that drive hotel performance: A state-of-the-art global analysis. *Tourism Management, 60*, 270-279.
- Avlonitis, G.J., Indounas, K.A. (2007). An empirical examination of the pricing policies and their antecedents in the services sector. *European Journal of Marketing, 41*(7/8), 740-764.
- Aznar, A., & Trivez, J. (1993). *Métodos de Predicción en Economía I y II*. Ed. Ariel Economía.
- Becerra, M., Santaló, J., & Silva, R. (2013). Being better vs. being different: Differentiation, competition, and pricing strategies in the Spanish hotel industry. *Tourism Management, 34*, 71-79.
- Berry, L.L., & Yadav, M.S. (1996). Capture and communicate value in the pricing of services. *Sloan Management Review, 37*(4), 41-51.
- Cascales-García, G., Moraleda, L.F., & Curiel, J.D.E. (2017). La interacción de los hoteles con las redes sociales: un análisis de los hoteles de cuatro estrellas de la Comunidad de Madrid (España). *Cuadernos de Turismo, 39*, 131-148.
- Chattopadhyay, M., & Mitra, S. K. (2019). Determinants of revenue per available room: Influential roles of average daily rate, demand, seasonality and yearly trend. *International Journal of Hospitality Management, 77*, 573-582.
- Chu, R.K., & Choi, T. (2000). An importance-performance analysis of hotel selection factors in the Hong Kong hotel industry: a comparison of business and leisure travelers. *Tourism management, 21*(4), 363-377.
- Coulter, K.S. (2001). Decreasing price sensitivity involving physical product inventory: a yield management application. *Journal of Product & Brand Management, 10*(5), 301-317.
- Cross, R.G., Higbie, J.A., & Cross, D.Q. (2009). Revenue management's renaissance: A rebirth of the art and science of profitable revenue generation. *Cornell Hospitality Quarterly, 50*(1), 56-81.
- De Rosa, A.S., Bocci, E., & Dryjanska, L. (2019). Social representations of the European capitals and destination e-branding via multi-channel web communication. *Journal of Destination Marketing & Management, 11*, 150-165.
- Delgado, J.L., & Inchausti, J.A. (2003). *Estructura económica de Madrid*. Comunidad de Madrid Consejería de Economía e Innovación Técnica, Dirección General de Economía y Planificación.
- Diana-Jens, P., & Rodríguez-Ruibal, A. (2015). La reputación online y su impacto en la política de precios de los hoteles. *Cuadernos de Turismo, 36*, 129-155.
- Espinet, J.M., & Fluvía, M. (2001). Una aproximación a los diferentes precios en el sector hotelero: el ejemplo de la Costa Brava sur. *Cuadernos de turismo, 7*, 23-34.
- Falk, M., & Hagsten, E. (2015). Modelling growth and revenue for Swedish hotel establishments. *International Journal of Hospitality Management, 45*, 59-68.

- Flamarich, M., & Duro, J. A. (2014). Turismo de negocios (eventos) en España: análisis y perspectivas. *Papers de Turisme*, 49-50, 59-75.
- Göthesson, L., & Riman, S. (2005). Revenue management within Swedish hotels. Economics and Commercial Law. Rapport no.: Master's Thesis.
- Gujarati, D.N. (2021). *Essentials of econometrics*. SAGE Publications.
- Herrmann, R., & Herrmann, O. (2014). Hotel room rates under the influence of a large event: The Oktoberfest in Munich 2012. *International Journal of Hospitality Management*, 39, 21-28.
- Hung, W.T., Shang, J.K., & Wang, F.C. (2010). Pricing determinants in the hotel industry: Quantile regression analysis. *International Journal of Hospitality Management*, 29(3), 378-384.
- INE (2016). *Encuesta de Turismo de Residentes*. <http://www.ine.es/daco/daco42/etr/etr0415.pdf>
- Jiménez, M., & San Eugenio, J.D. (2009). Identidad territorial y promoción turística: la organización de eventos como estrategia de creación, consolidación y difusión de la imagen de marca del territorio. *ZER: Revista de Estudios de Comunicación = Komunikazio Ikasketen Aldizkaria*, 14(26), 277-297. <https://doi.org/10.1387/zer.2776>
- Kimes, S.E. (2000). Revenue management on the links: applying yield management to the golf-course industry. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 41(1), 120-127.
- Kurtz, D.L., & Clow, K.E. (1998). *Services marketing*. John Wiley & Sons Incorporated.
- Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Neter, J., & Li, W. (2005). *Applied linear statistical models* (Vol. 5). New York: McGraw-Hill Irwin.
- Langeard, E. (2000). Specificity of the pricing policy in service activities. In *Innovations Perspect. Internat. Res. Seminar in Service Management, La Londe Les Maures, France* (pp. 243-256).
- Lee, C.K., Yiu, T.W., & Cheung, S.O. (2016). Selection and use of alternative dispute resolution (ADR) in construction projects-Past and future research. *International Journal of Project Management*, 34(3), 494-507.
- Madrid Destino (2018). *Madrid destino cultura turismo y negocio*. Ayuntamiento de Madrid. <https://www.madrid-destino.com/sites/default/files/2019-03/AnuarioTurismoMadrid2018.pdf>.
- Mañas, V. (2019). The international contribution of the Real Madrid brand to the City of Madrid (Spain) as a tourist destination for sporting events. *Turismo y Sociedad*, 24, 129-148.
- O'connor, P. (2010). Managing a hotel's image on TripAdvisor. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 19(7), 754-772.
- Pastor, V.J. (1999). Un análisis de los precios hoteleros empleando funciones hedónicas. *Estudios turísticos*, 139, 65-87.
- Rohlf, K.V., & Kimes, S.E. (2007). Customers' perceptions of best available hotel rates. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 48(2), 151-162.
- Schamel, G. (2012). Weekend vs. midweek stays: Modelling hotel room rates in a small market. *International Journal of Hospitality Management*, 31(4), 1113-1118.

- Soler, I.P., & Gémar, G. (2017). Impact of the April Fair on Seville hotel room prices: measurement through a hedonic approach. *Tourism & Management Studies*, 13(2), 7-12.
- Soler, I.P., Gémar, G., & Guzman-Parra, V.F. (2019). A comparison of destinations' impacts on hotel rates. *International Journal of Hospitality Management*, 77, 226-237.
- Steed, E., & Gu, Z. (2005). An examination of hotel room pricing methods: Practised and proposed. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 3(4), 369-379.
- Tapia, J., Dieste, M., Royo, E., & Calvo, E. (2022). Factors affecting the choice of medical tourism destination: Spain as a host country. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 23(1), 115-138.
- Torrego, F. (1995). El espacio del turismo de negocios en Madrid. In *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid* (Vol. 15, pp. 719-729).
- UNWTO (2016). Organization Mundial of Tourism. *Annual Report 2015*. https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/2619annual_report_2015_lr.pdf



Caracterización de la productividad de una empresa mexicana desarrolladora de tecnología mediante control difuso

CABRERA LLANOS, AGUSTÍN I.
Instituto Politécnico Nacional (México)
Correo electrónico: nitsuga528@gmail.com

ORTIZ ARANGO, FRANCISCO
Universidad Panamericana (México)
Correo electrónico: fortizar@up.edu.mx

DÁVILA ARAGÓN, GRISELDA
Universidad Panamericana (México)
Correo electrónico: gdavila@up.edu.mx

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de un modelo que permite medir la productividad de una empresa de base tecnológica, que se basa en las interacciones identificadas entre la inversión del departamento de investigación, el fraude informático y el robo. Estas interacciones se presentan mediante un modelo de variables difusas con las que se desarrollan las funciones de membresía para cada una de éstas. Así mismo se desarrollan las reglas de interacción basándose en la conjunción de los conjuntos difusos propuestos para el modelo Mamdani. Con estos diseños es posible determinar el grado de la productividad, también caracterizada por un conjunto difuso. Para probar el modelo se utilizó simulación Monte Carlo con cuatro escenarios. Los resultados de la serie de simulaciones muestran que bajo la descripción de los conjuntos difusos es posible medir el comportamiento de la productividad en la empresa analizada, mediante rangos de productividad establecidos en el diseño del conjunto difuso propuesto.

Palabras clave: productividad; empresa de base tecnológica; lógica difusa; simulación Monte Carlo.

Clasificación JEL: C63, C67, O32.

MSC2010: 94D05, 03E72.

Characterization of the productivity of a Mexican technology development company through fuzzy control

ABSTRACT

The development of a model that allows measuring the productivity of a technology-based company is presented, which is based on the interactions identified between the investment of the research department, computer fraud, and theft. These interactions are presented through a model of fuzzy variables in which the membership functions are developed for each of these. Likewise, the interaction rules are developed based on the conjunction of the fuzzy sets proposed for the Mamdani model. With these designs, it is possible to determine the degree of productivity, characterized by a fuzzy set. To test the model, Monte Carlo simulation was used with four scenarios. The simulations' series results show that the fuzzy sets described allow to measure company's productivity being analysed through the proposed fuzzy sets productivity ranges.

Keywords: productivity; technology-based company; fuzzy logic; Monte Carlo simulation.

JEL classification: C63, C67, O32.

MSC2010: 94D05, 03E72.



1. Introducción

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYME) constituyen el mayor porcentaje de empresas en todos los países de América Latina, llegando a ser casi el 99% del total de ellas, generando alrededor del 67% de los empleos. Sin embargo, su productividad es sumamente baja: las empresas grandes de la región llegan a tener niveles de productividad de hasta treinta y tres veces más que las microempresas y hasta seis veces más que las pequeñas empresas (CEPAL, 2020).

La importancia de las PYMES en el desarrollo socioeconómico de Latinoamérica es vital, son un factor clave en su crecimiento. Algunas de las características más latentes en estas empresas son: la gran heterogeneidad en tecnologías, capital humano, cultura empresarial y el acceso a mercados, entre otras (CEPAL, 2020).

En el caso del medio empresarial micro y pequeño en México, uno de los problemas más comunes y arraigados es la falta de la cultura de medición y estandarización. Un hecho innegable es que, para poder mejorar, es necesario controlar y estandarizar y para poder hacerlo es indispensable medir. Todas estas condiciones de las MIPYME en México y en general en Latinoamérica afectan su productividad y con esto su potencial crecimiento y acceso a nuevos mercados, tanto nacionales como extranjeros.

Un mal silencioso en este sector es la falta de indicadores de desempeño, un tema que al no ser conocido puede parecer innecesario. Sin embargo, los indicadores de productividad son una de las herramientas más valiosas para poder monitorear los procesos y plantear metas de desempeño en el corto y medio plazo. La medición del desempeño es indudablemente el cimiento de la mejora de procesos, ya que permite conocer los niveles de productividad y compararlos con periodos anteriores y así poder observar un incremento o disminución real en el desempeño.

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos resulta en una mayor rentabilidad para la empresa, es por ello que toda empresa debe tratar de aumentar al máximo su productividad.

En la empresa bajo análisis, como en la mayoría de las PYMES, no se tienen registros formales de la mayoría de los procesos que se llevan a cabo, lo que en un principio dificulta la labor de investigación; sin embargo, es posible trabajar con la opinión de los expertos en la definición de dichos procesos y considerarlos como variables en un modelo ante la insuficiencia de datos estadísticos (Dávila et al., 2016).

El presente trabajo es un caso aplicado a una empresa mediana, dedicada al desarrollo de productos tecnológicos, ubicada en la Ciudad de México que, a pesar de su crecimiento en el mercado, no tiene un sistema de indicadores de productividad, por lo que en conjunto con los administradores de ésta se desarrolló una metodología empleando un modelo basado en Lógica Difusa para medir su nivel de productividad en función de las variables que, de acuerdo a los expertos de dicha empresa, afectan de manera directa la productividad de ésta, con lo que será posible implementar algunas nuevas prácticas que permitan mejorar el desempeño de la organización.

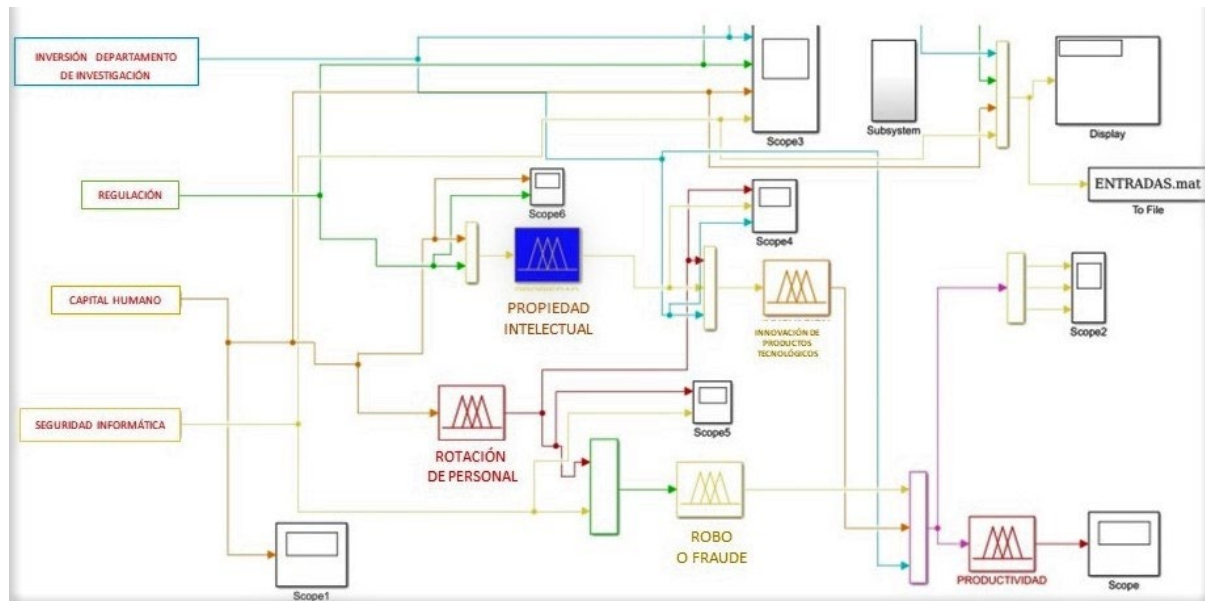
El presente trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se plantea una breve descripción de la metodología empleada basada en un modelo de Lógica Difusa y cómo se construye éste, que se basa en la selección de ocho variables, cada una representa un factor o proceso que a la postre influye de manera directa o indirecta el nivel de productividad de la empresa. Posteriormente en la sección 3, se obtienen los resultados del modelo construido generando cuatro distintos escenarios, se analizan e interpretan lo que permite cuantificar el desempeño de la empresa, con respecto a la variable de Productividad. Finalmente, se presentan las conclusiones y la bibliografía consultada.

2. Descripción de la Metodología y construcción del modelo

Modelo Utilizado

El modelo utilizado se presenta en la Figura 1. Corresponde a un modelo de Lógica Difusa (*Fuzzy*), mediante el que se describen los elementos que intervienen en una empresa de base tecnológica y que nos permiten modelar y medir el nivel de productividad de la empresa.

Figura 1. Diagrama del modelo Fuzzy que describe la productividad de la empresa.



Fuente: Basado en el diagrama de González (2011) y Vincent (2014).

En este modelo se plantea que la productividad de una industria de base tecnológica está determinada por la interacción de diferentes entradas, interacción de departamentos y acciones y la respuesta. Para el estudio realizado se tomó en cuenta como entradas: la inversión en el departamento de investigación, la regulación, el capital humano y la seguridad informática. Así mismo, se propuso la hipótesis de que la productividad de dicha compañía se sustenta en las relaciones que se dan entre los siguientes elementos de tipo operativo dentro de la empresa: el departamento de propiedad intelectual, la rotación de personal, el robo o fraude y la innovación de productos tecnológicos. A continuación, se describe la manera en que se consideraron las variables asociadas a cada uno de estos elementos. Para lo cual se utilizó a técnica de control difuso (Passino, 1998), que consta de los siguientes pasos:

- Proceso de fusificación
- Desarrollo de las reglas de inferencia
- Proceso de defusificación

A continuación, se describen cada uno de estos pasos.

Proceso de Fusificación

El proceso de fusificación se llevó a cabo en cada bloque del departamento utilizando el proceso de lógica difusa estándar (Tejada, 2000; Cheung et al., 2005; Jamshidi et al., 2013; Passino, 1998), es decir,

se diseñaron las funciones de membresía, universos de discurso, en cada uno de los bloques, mediante el siguiente proceso.

El primer paso en la fusificación es la selección de las funciones de membresía de tal manera que las entradas e_i sean evaluadas a través de las diferentes funciones de membresía μ_{e_i} que puede describirse como una función multivaluada de la forma:

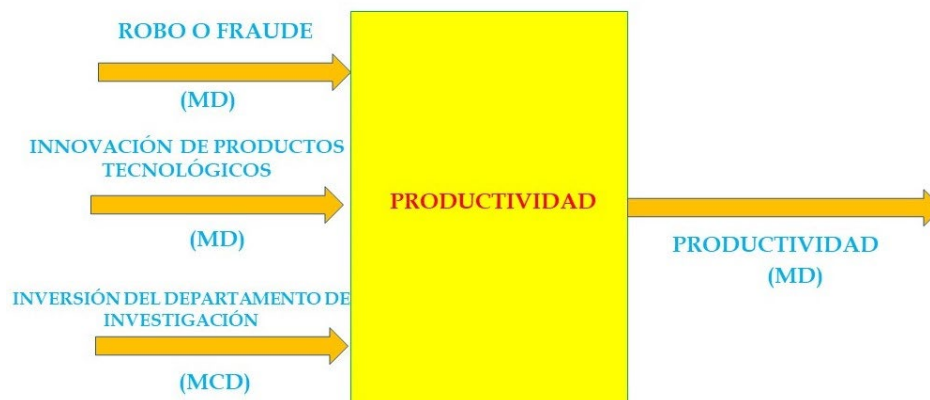
$$\mu_{e_i} = [\mu_{e_i}(1), \mu_{e_i}(2), \dots, \mu_{e_i}(k)],$$

donde k describe el número de funciones de membresía asociadas a la variable, con cada una pudiendo ser: sigmoideal, gaussiana, triangular y zeta. Las variables se relacionan en bloques donde se llevan a cabo las interacciones entre éstas; el primer bloque es el de la Propiedad intelectual.

Propiedad intelectual

El bloque de propiedad intelectual fue propuesto como la interacción de dos variables de entrada, que fueron capital humano y regulación. Se desarrollaron las funciones de membresía de tipo gaussiana, sigmoideal y zeta (sigmoideal inversa), como se indican en Sánchez et al. (2015) y Cabrera-Llanos (2019). De esta forma la estructura del bloque es descrita por la Figura 2.

Figura 2. Bloque de propiedad intelectual.

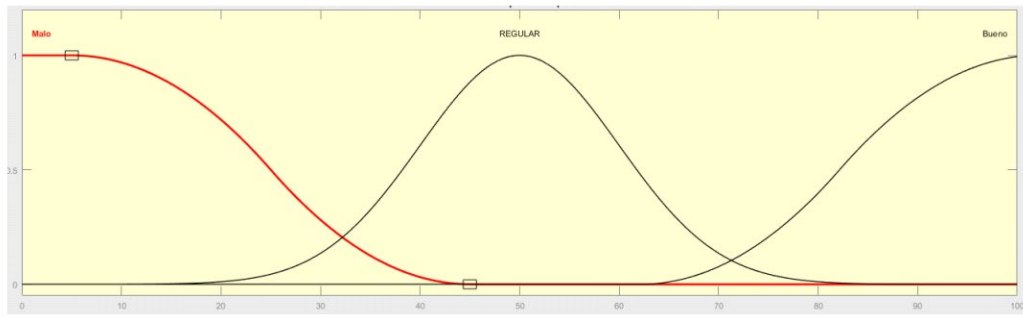


Fuente: Elaboración propia.

En lo sucesivo, la sigla MCD indica que la variable es de datos provenientes de un proceso Monte Carlo y la sigla MD que es el resultado de un proceso difuso de tipo Mamdani para las funciones de membresía correspondientes. En cada uno de los bloques, se evalúa la llegada de la señal de información, es decir, a cada entrada en el bloque le corresponde una evaluación de acuerdo con las funciones de membresía seleccionadas. Así se tiene que por ejemplo en el bloque de propiedad intelectual se evalúan las señales de capital humano y de regulación, con las funciones de membresía que se describen a continuación. Así mismo la salida del bloque, a la que llamamos Propiedad intelectual, es descrita como un conjunto difuso cuya función de membresía se describe. Siguiendo este proceso se pudo ver que las señales al llegar a los bloques serán evaluadas por las funciones de membresía asociadas a las entradas y salidas de cada bloque y cuya descripción, a pesar de que se trate de la misma variable, puede ser diferente por la interacción con el bloque referido.

En el caso del capital humano, la función de membresía está dada por tres etiquetas: malo, regular y bueno; además se tomó como rango el universo de discurso de $[0,100]$, que mide el porcentaje que se tiene del funcionamiento del capital humano, como se muestra en la Figura 3.

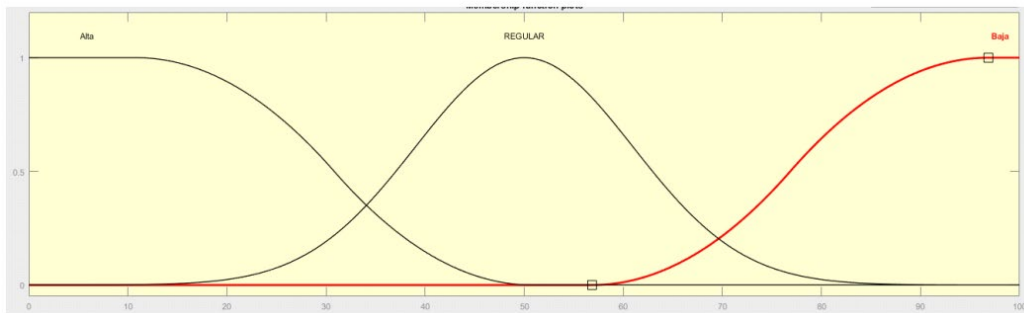
Figura 3. Función de membresía de capital humano (MCD).



Fuente: Elaboración propia.

Para la función de membresía de la regulación, las etiquetas seleccionadas fueron alta, regular y baja y en rango de [0,100] unidades, como se muestra en la Figura 4.

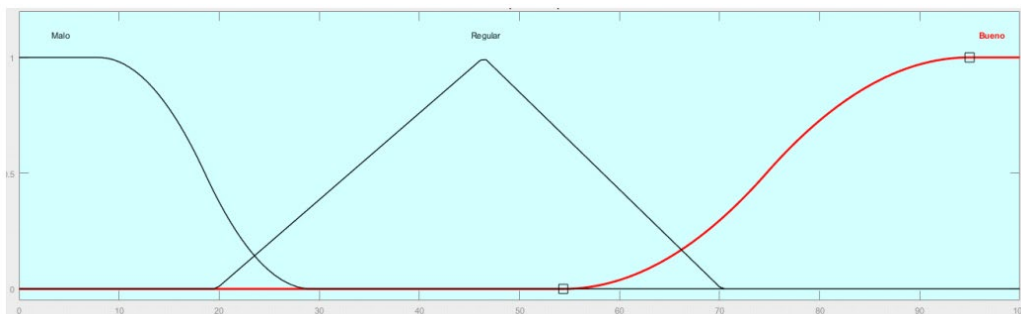
Figura 4. Función de membresía de la regulación (MCD).



Fuente: Elaboración propia.

Por último, la función de membresía de la propiedad intelectual donde se considera que el tipo de los sistemas difusos utilizados son Mamdani; en este caso las etiquetas se describen como malo, regular y bueno con rango de resultado idéntico a las anteriores funciones (0,100), mostrado en la Figura 5.

Figura 5. Función de membresía de la propiedad intelectual (MD).



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera las entradas al bloque de propiedad intelectual son del tipo difusas y su salida es también difusa. Los parámetros de estas funciones se describen en las Tablas 1a, 1b y 1c.

Tabla 1a. Parámetros de función de membresía de capital humano (MCD).

TABLA DE CAPITAL HUMANO		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Malo	Porcentaje con rango [5, 45]	$z(5, 45)$
Regular	Porcentaje con rango [10, 90]	$g(9, 50)$
Buenos	Porcentaje mayor al 62.14%	$s(62.14, 100)$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1b. Parámetros de función de membresía de regulación (MCD).

TABLA DE REGULACIÓN		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Alta	Porcentaje de regulación con rango de [10.82, 50.82]	$z(10.82, 50.82)$
Regular	Porcentaje de regulación con media centrada en 50	$g(11, 50)$
Bajo	Muestra un porcentaje de regulación con rango [56.86, 96.85]	$s(56.86, 96.85)$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1c. Parámetros de función de membresía de propiedad intelectual (MD).

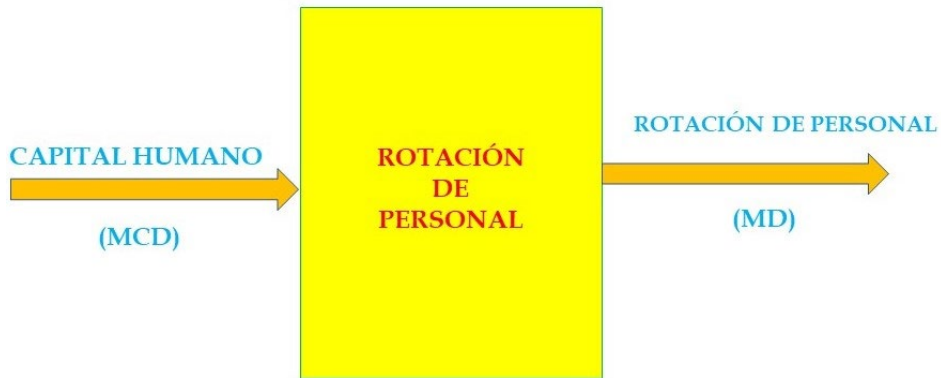
TABLA DE PROPIEDAD INTELECTUAL		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Malo	Porcentaje de propiedad intelectual con rango de [7.91, 29.3]	$z(7.91, 29.3)$
Regular	Porcentaje de propiedad intelectual centrado en 46.43.	$tr(19.7, 46.43, 70.2)$
Bueno	Porcentaje de propiedad intelectual con rango de [58.38, 94.98]	$s(58.38, 94.98)$

Fuente: Elaboración propia.

Rotación de Personal

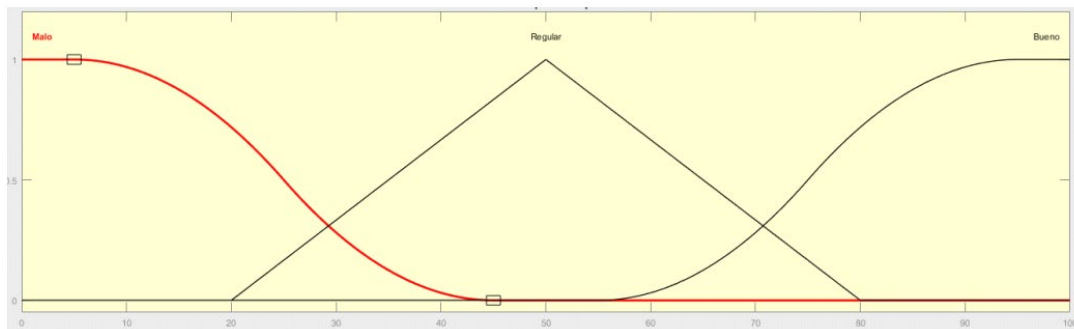
En este bloque solo se utilizó una entrada difusa y la salida se seleccionó difusa tipo Mamdani, con función de membresía con etiquetas malo, regular y bueno; con rango de 0 a 100, como se puede apreciar en las figuras 6, 7 y 8. Nótese que la función de membresía de la entrada Capital Humano, está definida de manera diferente a como se definió para el caso del bloque de Propiedad Intelectual, aunque los datos que la alimentan MCD son los mismos que alimentan la función de membresía para el bloque de Propiedad Intelectual. Una situación similar se presentará en otras funciones de membresía utilizadas en este modelo; dichas adecuaciones se hicieron con base en la información recibida por los expertos consultados.

Figura 6. Bloque de rotación de personal.



Fuente: Elaboración propia.

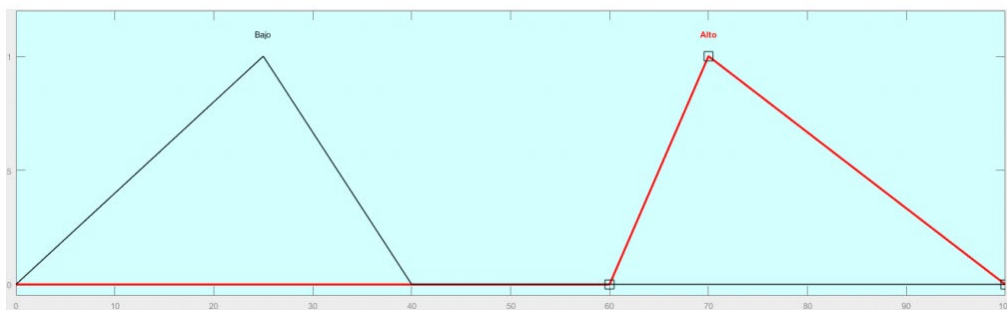
Figura 7. Función de membresía de capital humano (MCD).



Fuente: Elaboración propia.

La función de membresía de salida del bloque ocupó dos etiquetas, bajo y alto de tipo triangular, dado el comportamiento seleccionado al suponer que estos estados se encuentran separados como se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Función de membresía de la rotación de personal (MD).



Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros de estas funciones se describen en las Tablas 2a y 2b respectivamente.

Tabla 2a. Parámetros de función de membresía de capital humano (MCD).

TABLA DE CAPITAL HUMANO		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Malo	Porcentaje menor con rango [5, 45]	$z(5, 45)$
Regular	Porcentaje con media centrada en 50	$tr(20, 80)$
Buenos	Porcentaje mayor con rango [55, 90]	$s(55, 90)$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2b. Parámetros de función de membresía de rotación de personal (MD)

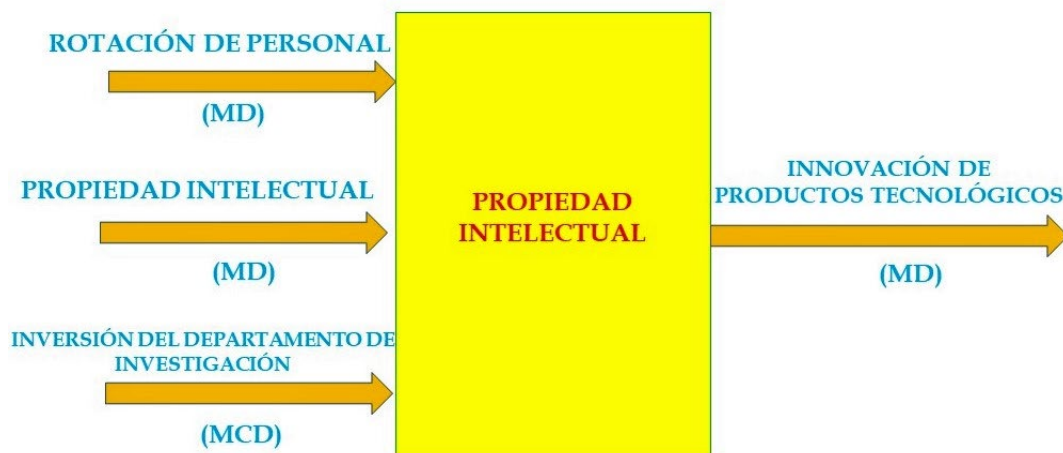
TABLA DE ROTACIÓN DE PERSONAL		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Bajo	Porcentaje menor con rango [0,40]	$tr(0, 25, 40)$
Alto	Porcentaje mayor con rango [60,100]	$tr(60, 70, 100)$

Fuente: Elaboración propia.

Innovación de Productos Tecnológicos

Para el bloque de innovación de productos tecnológicos, se tuvieron tres variables de entrada: rotación de personal, propiedad intelectual e inversión del departamento de investigación, como se puede apreciar en la Figura 9.

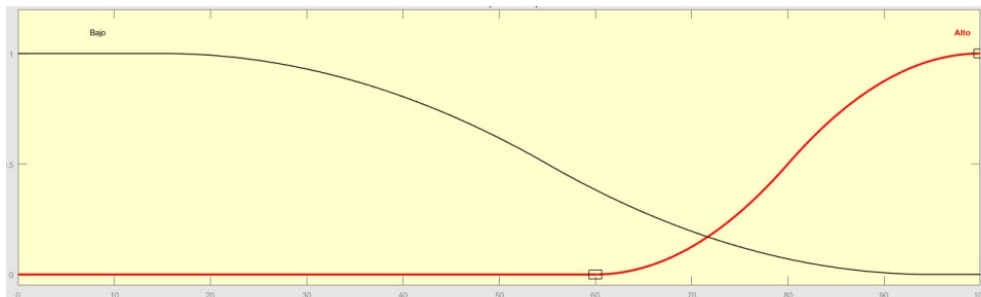
Figura 9. Bloque de innovación de productos tecnológicos.



Fuente: Elaboración propia.

Para este proceso la rotación de personal fue considerada con dos estados. En la Figura 10 se muestran las funciones utilizadas, una función zeta y una sigmoïdal.

Figura 10. Función de membresía de rotación de personal (MD).



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3a indica los parámetros que describen la función de membresía de la Rotación de Personal.

Tabla 3a. Parámetros de función de membresía de la rotación de personal (MD).

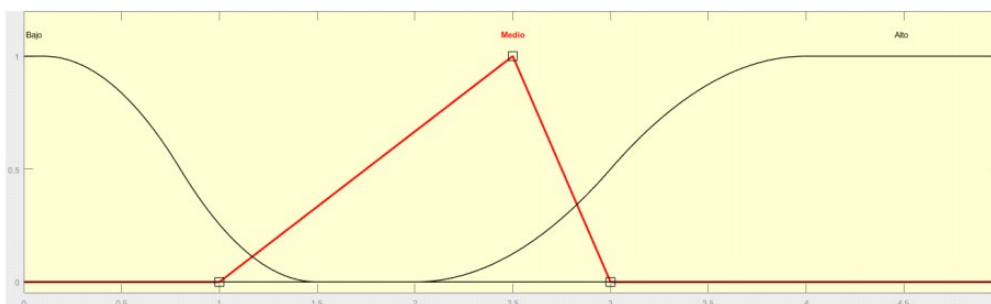
TABLA DE ROTACIÓN DE PERSONAL		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Bajo	Porcentaje menor con rango [10,90]	$z(10, 90)$
Alto	Porcentaje mayor con rango [60,100]	$s(60, 100)$

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la función de membresía de la propiedad intelectual (MD) se utilizará la función definida previamente en la Figura 5 y la Tabla 1c.

Para la función de membresía de inversión del departamento de investigación, el rango del universo de discurso fue cambiado a valores entre 0% a 5% (Figura 11).

Figura 11. Función de membresía de inversión en el departamento de investigación (MCD).



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3b indica los parámetros que describen la función de membresía de la Inversión en el Departamento de investigación.

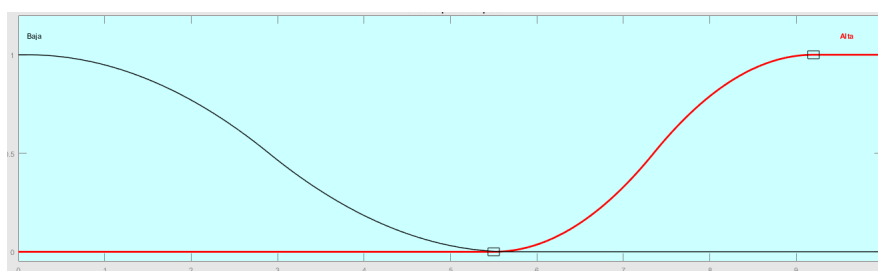
Tabla 3b. Parámetros de función de membresía inversión en el departamento de investigación (MCD).

TABLA DE INVERSIÓN EN DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Malo	Porcentaje menor con rango [0.1, 1.5]	$z(0.1, 1.5)$
Medio	Porcentaje con media con rango [1, 3]	$tr(1, 2.5, 3)$
Buenos	Porcentaje mayor con rango [2, 4]	$s(2, 4)$

Fuente: Elaboración propia.

Las funciones de membresía de la salida del bloque de Innovación de productos tecnológicos se muestran en la Figura 12.

Figura 12. Función de membresía de innovación de productos tecnológicos (MD).



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3c muestra de los parámetros de la función de membresía de innovación de productos tecnológicos (MD).

Tabla 3c. Parámetros de función de membresía de innovación de productos tecnológicos (MD).

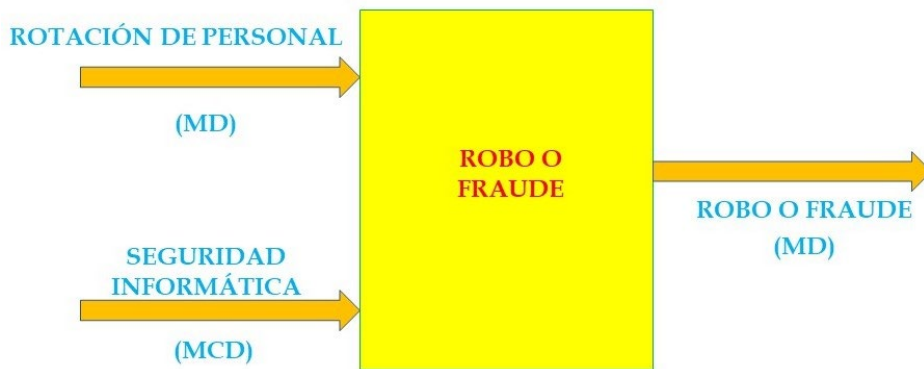
TABLA DE INNOVACIÓN DE PRODUCTOS TECNOLÓGICOS		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Bajo	Porcentaje menor con rango [0.1, 5.7]	$z(0.1, 5.7)$
Alto	Porcentaje mayor con rango [5.5, 9.2]	$s(5.5, 9.2)$

Fuente: Elaboración propia.

Robo o Fraude

Al bloque del proceso de robo o fraude se le consideró la interacción con las funciones de seguridad Informática y rotación personal, como se muestra en la Figura 13.

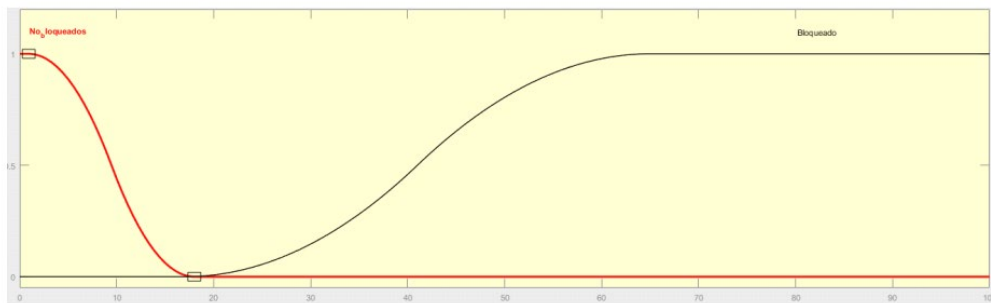
Figura 13. Bloque de robo o fraude.



Fuente: Elaboración propia.

En este caso, solo se muestra la función de seguridad Informática ya que la función de rotación de personal, ya ha sido definida en la Figura 10 y la Tabla 3a. En la función de membresía de seguridad Informática se consideraron solo dos estados definidos por las funciones zeta y sigmoial. En la Tabla 4a se describen los parámetros de la función Seguridad Informática.

Figura 14. Función de membresía de Seguridad Informática (MCD).



Fuente: Elaboración propia.

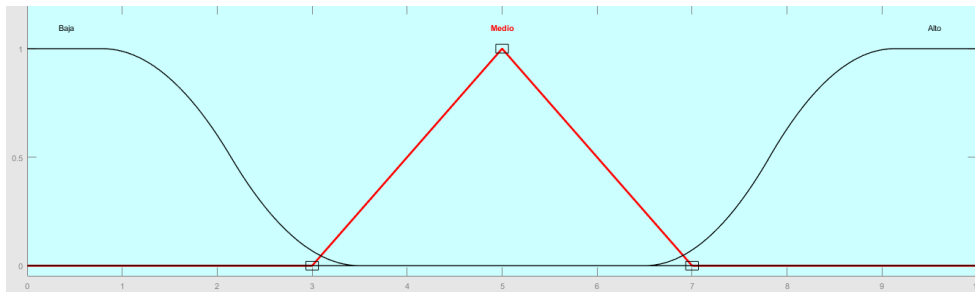
Tabla 4a. Parámetros de función de membresía de seguridad informática (MCD).

TABLA DE SEGURIDAD INFORMÁTICA		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
No bloqueados	Porcentaje menor con rango [0.92, 18]	$z(0.92, 18)$
Bloqueados	Porcentaje mayor con rango [17, 65]	$s(17, 65)$

Fuente: Elaboración propia.

La salida del bloque de robo o fraude es determinada por las funciones de membresía mostradas en la Figura 15. Con parámetros descritos en la Tabla 4b.

Figura 15. Función de robo o fraude (MD).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4b. Parámetros de función de membresía de robo o fraude (MD).

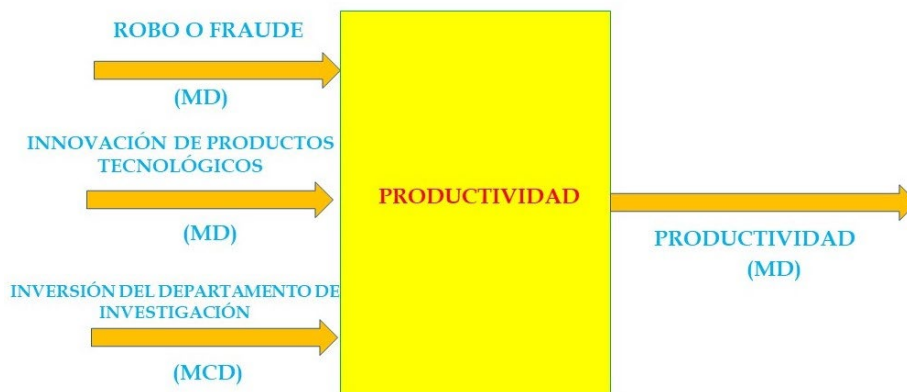
TABLA DE ROBO O FRAUDE		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Bajo	Porcentaje menor con rango [0.79, 3.5]	$z(0.79, 3.5)$
Medio	Porcentaje medio con rango [3, 5]	$tr(3, 5, 7)$
Alto	Porcentaje mayor con rango [6, 9.13]	$s(6.9, 9.13)$

Fuente: Elaboración propia.

Productividad

Finalmente, la salida del sistema es la Productividad y dado que las funciones de entrada ya fueron descritas en las secciones anteriores, sólo se mostrará la función de membresía de ésta.

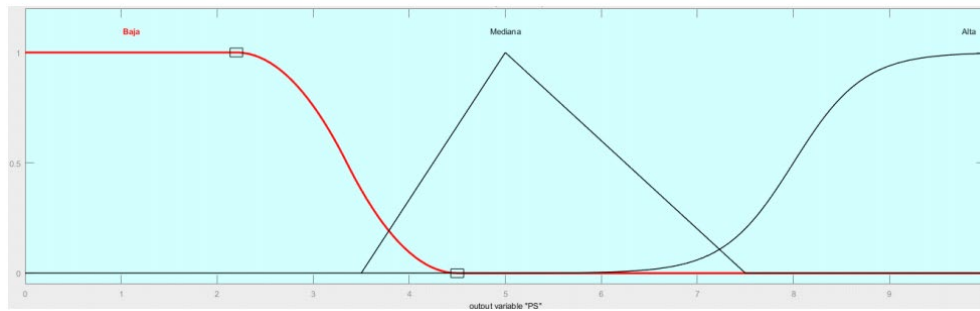
Figura 16. Bloque de productividad.



Fuente: Elaboración propia.

El proceso de productividad fue modelado mediante tres funciones de membresía: descritas por las etiquetas Baja, Mediana y Alta, y con funciones zeta, triangular y sigmoide, respectivamente, como se muestran en la Figura 17.

Figura 17. Función de productividad (MD).



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5 muestra los parámetros que se seleccionaron para la designación de la función de membresía de la Productividad.

Tabla 5. Parámetros de función de membresía productividad (MD).

TABLA DE PRODUCTIVIDAD		
Etiqueta	Descripción	Parámetros de la función de pertenencia
Baja	Porcentaje menor con rango [2.2, 4.5]	$z(2.2, 4.5)$
Mediana	Porcentaje medio con rango [3.5, 7.5]	$tr(3.5, 5, 7.5)$
Alta	Porcentaje mayor con rango [5.5, 10]	$s(5.5, 10)$

Fuente: Elaboración propia.

Reglas de Inferencia

El concepto lógico central en el razonamiento difuso consiste en el uso de las reglas lógicas del Modus Ponens (Vicent, 2014) que puede describirse por:

$$\begin{array}{l} A' \\ A \implies B \\ B' \end{array}$$

Así, las reglas difusas pueden describirse como:

Si x está en A , entonces y está en B

El proceso de inferencia consiste en la relación de los valores que las funciones de membresía van tomando y las relaciones entre ellas; estas relaciones son principalmente de conjunción (operador "y") y disyunción (operador "o"). Las relaciones son valoradas a partir del condicional Si...entonces, permitiendo obtener un nuevo valor de éstas (Tah & Carr, 2000):

Si x está en A y x está en B , entonces z está en C .

O bien,

Si x está en A o x está en B , entonces z está en C .

Un controlador difuso puede tener muchas reglas y de este modo describir la serie completa de reglas mediante una sola tabla de sus relaciones.

Tabla 6. Reglas de inferencia del controlador difuso.

1.- Si x está en A_1 entonces z está en B_1
2.- Si x está en A_2 y x está B_2 entonces z está en C_2
3.- Si x está en A_3 y x está B_3 entonces z está en C_3
m.- Si x está en A_m y x está B_m entonces z está en C_m

Fuente: Elaboración propia.

En forma general se considera que la inferencia difusa se puede describir con alguna de estas relaciones:

Tabla 7. Relaciones de inferencia difusa.

$p \wedge q \Rightarrow r$
$p \vee q \Rightarrow r$
$(p \wedge q) \vee (r \wedge s) \Rightarrow \lambda$
$(p \wedge q) \wedge (r \wedge s) \Rightarrow \lambda$

Fuente: Elaboración propia.

Defusificación

La defusificación se llevó a cabo considerando que los conjuntos difusos que se utilizaron eran de tipo Mamdani, así el resultado tendría que ser de tipo difuso pero sometido a la acción del centroide; es decir, los valores asociados y calculados a partir del proceso de inferencia convergerían a valores que se describirían por:

$$u_{CENTROIDE} = \frac{\sum_i \mu_i(x_i)x_i}{\sum_i \mu_i(x_i)}$$

donde $\mu_i(x_i)$ es el valor obtenido por x_i al evaluarse en la función de membresía μ_i , en esta ecuación, se puede notar que ésta es una ponderación proporcional a la valoración que determina la función de membresía.

Simulación Monte Carlo

La técnica de Monte Carlo se desarrolló para cada una de las entradas descritas anteriormente la función aleatoria de la descripción de los posibles valores de entrada (Chattopadhyay & Chattopadhyay, 2014; Kroese, 2011) al modelo está descrita de la siguiente manera:

Tabla 7. Funciones utilizadas en las entradas de datos de la simulación Monte Carlo.

Entrada	Función
Inversión Departamento de Investigación	$round(log_{10}(abs(5*rand(z))))$
Regulación	$round(log_{10}(abs(100*rand(z)+5)))$
Capital Humano	$round(log_{10}(abs(100*rand(z)+25)))$
Seguridad Informática	$round(log_{10}(abs(100*rand(z))))$

Fuente: Elaboración propia.

Dichas funciones fueron diseñadas para cumplir con los propósitos del modelo propuesto.

3. Resultados

Reglas de Inferencia

En esta sección se presentan, las tablas de las reglas de inferencia desarrolladas, (Cabrera-Llanos et al., 2019):

- Propiedad Intelectual

Tabla 8. Reglas de inferencia de Propiedad Intelectual.

Reglas
If (CHS is Malo) and (RS is Baja) then (PIS is Malo)
If (CHS is Malo) and (RS is Regular) then (PIS is Malo)
If (CHS is Malo) and (RS is Alta) then (PIS is Regular)
If (CHS is Regular) and (RS is Baja) then (PIS is Regular)
If (CHS is Regular) and (RS is Regular) then (PIS is Regular)
If (CHS is Regular) and (RS is Alta) then (PIS is Bueno)
If (CHS is Bueno) and (RS is Alta) then (PIS is Regular)
If (CHS is Bueno) and (RS is Baja) then (PIS is Bueno)
If (CHS is Bueno) and (RS is Regular) then (PIS is Bueno)

Fuente: Elaboración propia.

- Rotación de Personal

Tabla 9. Reglas de inferencia de Rotación de Personal.

Reglas
If (CHS es Malo) then (RPS is Alto)
If (CHS es Bueno) then (RPS is Bajo)

Fuente: Elaboración propia.

- Innovación de Productos Tecnológicos

Tabla 10. Reglas de inferencia de Innovación de Productos Tecnológicos.

Reglas
If (RPS is Bajo) and (PIS is Bueno) and (IDIS is Alto) then (IPTS is Alta)
If (RPS is Alto) and (PIS is Malo) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Bueno) and (IDIS is Medio) then (IPTS is Alta)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Bueno) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Regular) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Alta)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Malo) and (IDIS is Alto) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Alto) and (PIS is Malo) and (IDIS is Medio) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Alto) and (PIS is Regular) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Alto) and (PIS is Bueno) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Alto) and (PIS is Bueno) and (IDIS is Alto) then (IPTS is Alta)
If (RPS is Alto) and (PIS is Malo) and (IDIS is Alto) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Regular) and (IDIS is Medio) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Regular) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Malo) and (IDIS is Medio) then (IPTS is Baja)
If (RPS is Bajo) and (PIS is Malo) and (IDIS is Bajo) then (IPTS is Baja)

Fuente: Elaboración propia.

- Robo o Fraude

Tabla 11. Reglas de inferencia de Robo o Fraude.

Reglas
If (RPS is Bajo) and (SIS is Bloqueado) then (RFS is Bajo)
If (RPS is Bajo) and (SIS is No Bloqueado) then (RFS is Medio)
If (RPS is Alto) and (SIS is No Bloqueado) then (RFS is Alto)
If (RPS is Alto) and (SIS is Bloqueado) then (RFS is Medio)

Fuente: Elaboración propia.

- Productividad

Tabla 12. Reglas de inferencia de Productividad.

Reglas
If (RFS is Baja) and (IPTS is Alta) and (IDIS is Alta) then (PS is Alta)
If (RFS is Baja) and (IPTS is Alta) and (IDIS is Media) then (PS is Alta)
If (RFS is Baja) and (IPTS is Alta) and (IDIS is Baja) then (PS is Mediana)
If (RFS is Baja) and (IPTS is Baja) and (IDIS is Alta) then (PS is Mediana)
If (RFS is Baja) and (IPTS is Baja) and (IDIS is Media) then (PS is Baja)
If (RFS is Baja) and (IPTS is Baja) and (IDIS is Baja) then (PS is Baja)
If (RFS is Alta) and (IPTS is Alta) and (IDIS is Alta) then (PS is Mediana)
If (RFS is Alta) and (IPTS is Alta) and (IDIS is Media) then (PS is Baja)
If (RFS is Alta) and (IPTS is Alta) and (IDIS is Baja) then (PS is Baja)
If (RFS is Alta) and (IPTS is Baja) and (IDIS is Alta) then (PS is Mediana)
If (RFS is Alta) and (IPTS is Baja) and (IDIS is Media) then (PS is Baja)

Fuente: Elaboración propia.

4. Resultados y análisis

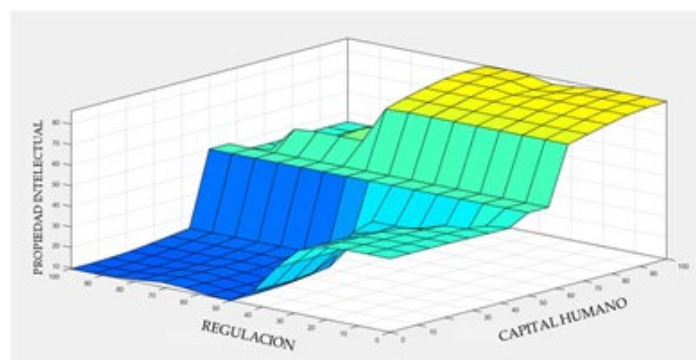
Superficies de respuesta

Para tener una visión gráfica de los resultados de cada una de las interacciones que se presentan a través de los bloques difusos del modelo construido, se utilizará la *toolbox* de *fuzzy logic* de Matlab (Sivanandam et al., 2007). Mediante ésta es posible graficar los resultados obtenidos al procesar los datos introducidos a cada bloque, siguiendo las reglas de inferencia, mediante un formato de superficie de respuesta de las variables que se relacionan. A continuación, se presentan las gráficas de cada una de las superficies de respuesta de las reglas de inferencia utilizadas en el modelo.

- Propiedad Intelectual

En general, en las gráficas de superficie de respuesta mostradas, de las interacciones para las funciones de membresía descritas en el proceso de fusificación, así para el caso del bloque de Propiedad Intelectual, se puede apreciar la distribución que las funciones de membresía de Regulación y Capital humano al interactuar muestran.

Figura 18. Gráfica de superficie de Propiedad Intelectual.

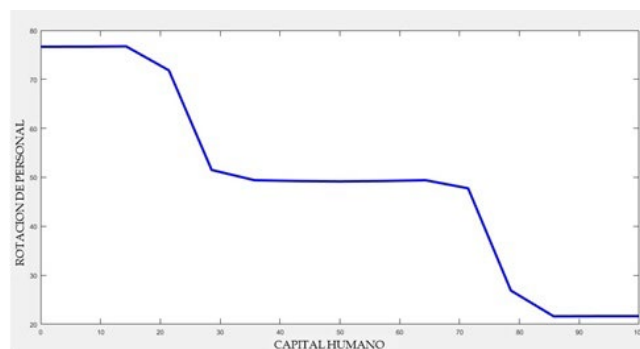


Fuente: Elaboración propia.

- Rotación de Personal

Para el caso de la rotación de personal, que consta de un bloque de una entrada y una salida (Figura 19), se observa que la respuesta está establecida por una trayectoria no lineal debido a la acción de las inferencias difusas diseñadas.

Figura 19. Gráfica de superficie de Rotación de Personal.

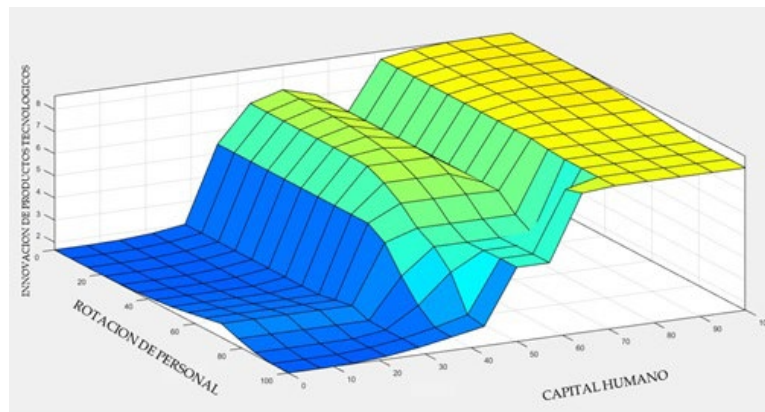


Fuente: Elaboración propia.

- Innovación de Productos Tecnológicos

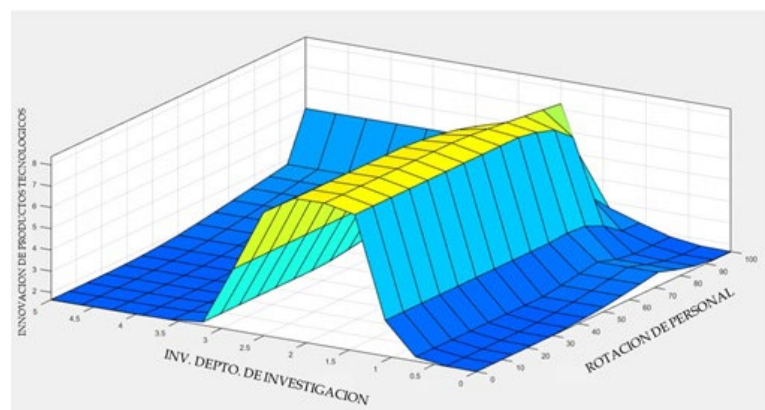
Para las relaciones de las variables en el proceso de Innovación de Productos Tecnológicos se tienen tres entradas y una salida lo que permite mostrar las relaciones de dos entradas y una salida. En este caso se muestran los de Rotación de Personal y Capital Humano como elementos independientes y la respuesta de Innovación de Productos Tecnológicos. También se contempla el caso de Inversión del Departamento de Investigación y Rotación de Personal como variables independientes.

Figura 20a. Gráfica de superficie de Innovación de Productos Tecnológicos respecto Rotación de Personal y Capital Humano.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20b. Gráfica de superficie de Innovación de Productos Tecnológicos respecto Rotación de Personal e Inversión en Departamento de Investigación.

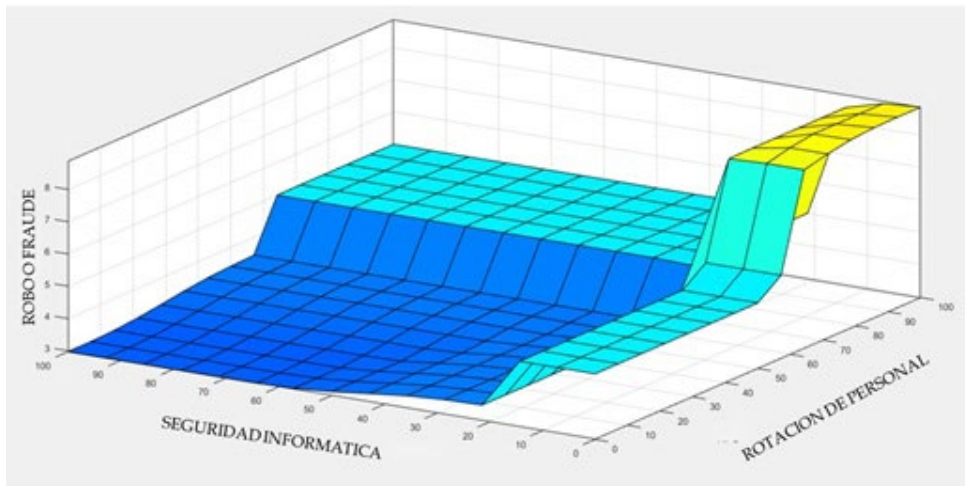


Fuente: Elaboración propia.

- Robo o Fraude

Para el proceso de Robo o Fraude las variables que describen las relaciones independientes son la Seguridad Informática y Rotación de Personal, manteniendo secciones planas en la superficie de respuesta, debido a la selección de las funciones de membresía.

Figura 21. Gráfica de superficie de Robo o Fraude.

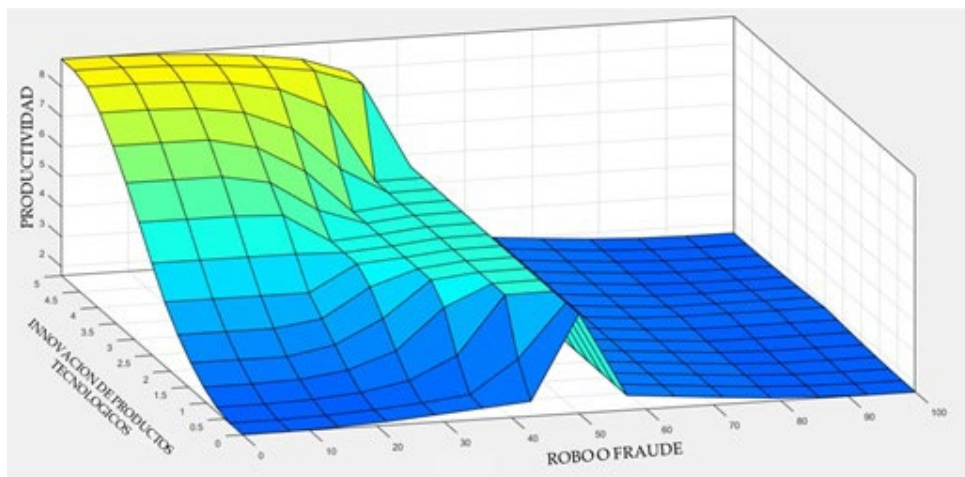


Fuente: Elaboración propia.

- Productividad.

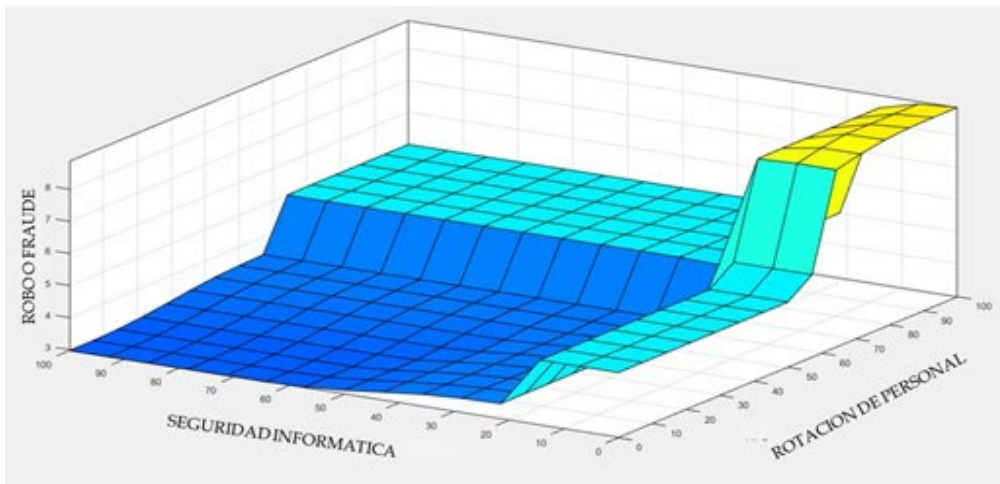
Por último, la superficie de la productividad al tener tres variables de entrada se describe en dos superficies de respuesta: la primera asociada a las variables de Robo o Fraude e Innovación de Productos Tecnológicos, y la otra asociada a la interacción de Robo o Fraude y a la variable de la Inversión del Departamento de Investigación.

Figura 22a. Gráfica de superficie de Productividad respecto de Robo o Fraude e Innovación de Productos Tecnológicos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22b. Gráfica de superficie de Productividad respecto de Robo o Fraude e Inversión del Departamento de Investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción Estadística

Se realizaron cuatro corridas (procesos) de cálculos numéricos, para las cuales se utilizaron: 1000, 2500, 3000 y 5000 muestras simuladas mediante un proceso Monte Carlo. Con estos resultados se elaboró un histograma con los porcentajes de ocurrencia de cada uno de los intervalos del nivel de Productividad de la empresa.

Histograma Porcentual

Posteriormente todos los valores obtenidos mediante los cuatro procesos de simulación con 1000, 2500, 3000 y 5000 muestras, fueron analizados estadísticamente, mediante el promedio aritmético de los valores obtenidos en cada simulación por cada intervalo de Productividad, se obtuvo el porcentaje de ocurrencia promedio de cada uno de los intervalos del nivel de Productividad, que habían sido elegidos previamente en el proceso de fusificación. Por otro lado, el rango del universo del discurso de la Productividad se dividió en diez intervalos, con valores del 1 al 10, cada uno de ellos indica el nivel de productividad de la empresa; siendo el valor de 1 el que corresponde al nivel de productividad más bajo y de 10 el nivel más alto.

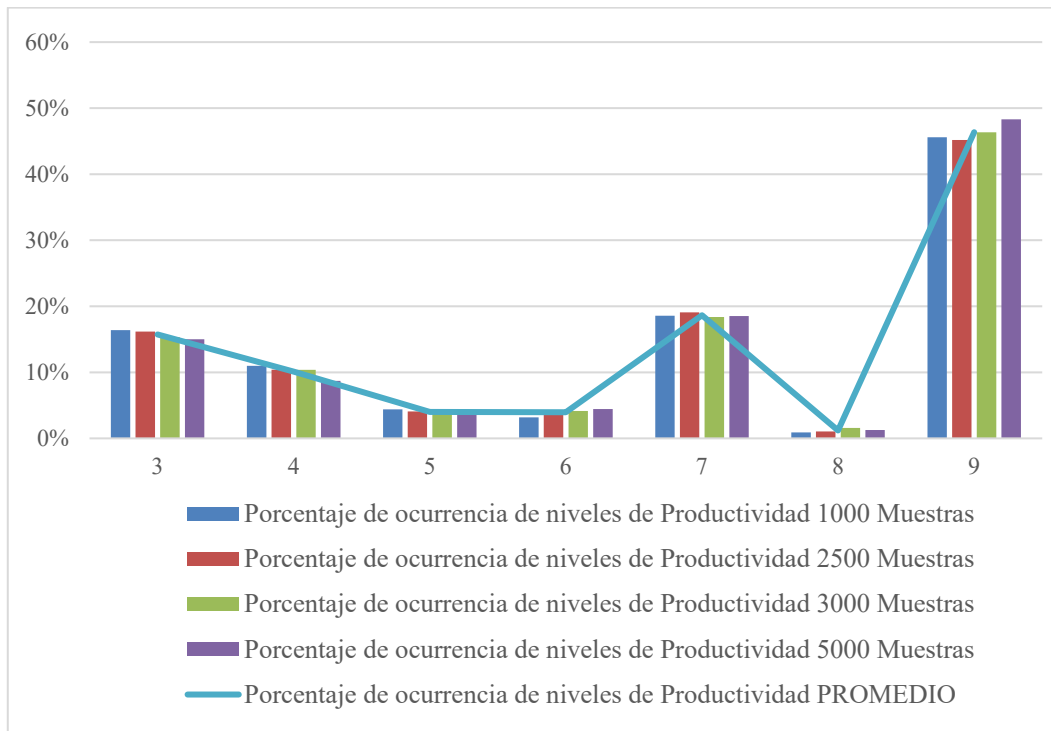
Los resultados muestran que existe asociación únicamente con ciertos intervalos de productividad; es decir, existen niveles de productividad que no se presentan en ninguna de las simulaciones efectuadas. Esto es consecuencia del uso del centroide para la defusificación. Llama la atención que el nivel con mayor probabilidad de ocurrencia fue el 9, con 46.36%, le sigue el 7, con 18.64%, el 3 con 15.73%, luego el 4, con 10.12% y los demás que son menores al 5% o nulos. El hecho de que los dos valores con mayor probabilidad de ocurrencia sean 9 y 7, es muy alentador para la empresa, pues sobre todo el valor de 9, que es el más probable, nos indica que la productividad esperada de la empresa es alta. El concentrado de los valores obtenidos en cada escenario se puede apreciar en la Tabla 15, así como en la Figura 23.

Tabla 15. Porcentaje de ocurrencia de cada nivel de Productividad.

Intervalo de Productividad	Porcentaje de ocurrencia de niveles de Productividad				
	1000 Muestras	2500 Muestras	3000 Muestras	5000 Muestras	PROMEDIO
3	16.38%	16.18%	15.35%	15.01%	15.73%
4	10.98%	10.41%	10.39%	8.71%	10.12%
5	4.39%	4.08%	3.79%	3.73%	4.00%
6	3.19%	4.04%	4.16%	4.43%	3.96%
7	18.58%	19.07%	18.38%	18.53%	18.64%
8	0.89%	1.04%	1.59%	1.27%	1.20%
9	45.59%	45.18%	46.34%	48.32%	46.36%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Escenarios de ocurrencia de cada nivel de Productividad.



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

El hecho de que la elección de las funciones de membresía se realice con el apoyo de un grupo de expertos de la empresa estudiada y que se generen distintos escenarios mediante simulación de Monte Carlo, permite modelar de manera más realista la operación de la empresa y tener una selección aleatoria del experimento. Como se mencionó antes, los resultados obtenidos muestran que la función de productividad tiende a alcanzar un nivel de productividad alto, al tener al 9 como el valor más probable y al 7 como el segundo más probable.

El hecho de que, a pesar de realizar miles de simulaciones con diferentes tamaños de muestra, el intervalo que tiene mayor ocurrencia es el 9, sustenta la conclusión de que dicho valor es el más probable. Este dato, unido a que el intervalo con valor de 7 es el segundo más probable, inducen a considerar que el nivel de productividad de la empresa es alto; esto definitivamente es un dato útil y alentador para la empresa bajo estudio.

Como se puede apreciar en este trabajo, el uso de la lógica difusa como herramienta de modelación, permite establecer un método de caracterización de procesos complejos en una empresa; en particular cuando éstos tienen múltiples interacciones entre las variables que lo conforman. Esto permite que aún cuando se trate de un proceso multifactorial, éste puede ser reducido para su mejor estudio y para que se pueda describir de manera adecuada una estimación de la operación del proceso utilizando lógica difusa.

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede concluir que mediante el uso de conjuntos difusos es posible medir el comportamiento de la productividad de la empresa analizada, el cual se analiza y mide a través de rangos de productividad que fueron establecidos en el modelo difuso propuesto.

Referencias

- Cabrera-Llanos, A.I., Ortiz-Arango, F., & Cruz-Aranda, F. (2019). Un Modelo de Minimización de Costos de Mantenimiento de Equipo Médico Mediante Lógica Difusa. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 14(3), 379-396. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i3.410>.
- CEPAL (2020). *Acerca de Microempresas y Pymes*. <https://www.cepal.org/es/temas/pymes/acercamicroempresas-pymes>.
- Chattopadhyay, A.K., & Chattopadhyay, T. (2014). *Monte Carlo Simulation*. New York: Springer. http://link.springer.com/10.1007/978-1-4939-1507-1_10 (October 25, 2018).
- Cheung, W.L., Pitcher, T.J., & Pauly, D. (2005). A Fuzzy Logic Expert System to Estimate Intrinsic Extinction Vulnerabilities of Marine Fishes to Fishing. *Biological Conservation*, 124(1), 97-111. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.017>
- Dávila, G., Ortiz, F., & Cruz, F. (2016). Cálculo Del Valor En Riesgo Operacional Mediante Redes Bayesianas Para Una Empresa Financiera. *Contaduría y Administración*, 61(1), 176-201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2015.09.009>.
- González, C. (2011). *Lógica Difusa. Una introducción práctica. Técnicas de Softcomputing*. Ed. Universidad de Castilla-La Mancha. https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf
- Jamshidi, A., Yazdani-Chamzini, A., HajiYakhchali, S., & Khaleghi, S. (2013). Developing a New Fuzzy Inference System for Pipeline Risk Assessment. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(1), 197-208. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.10.010>
- Kroese, D. (2011). *Monte Carlo Methods. Lecture Notes*. Department of Mathematics, School of Mathematics and Physics. The University of Queensland. <https://github.com/dpkroese/MonteCarlo-lecture-notes/blob/master/mccourse.pdf>.
- Passino, K.M. (1998). *Fuzzy Control, Department of Electrical Engineering*. USA: The Ohio State University. <https://www2.ece.ohio-state.edu/~passino/FCbook.pdf>

- Sánchez, E.S. et al. (2015). Fuzzy-State Machine for Triage Priority Classifier in Emergency Room. In Springer, Cham, 1488–91. http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-19387-8_361 (October 23, 2018).
- Sivanandam, S.N., Sumathi, S., & Deepa, S.N. (2007). *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35781-0>
- Tah, J.H.M., & Carr, V. (2000). A Proposal for Construction Project Risk Assessment Using Fuzzy Logic. *Construction Management and Economics*, 18(4), 491-500. <https://doi.org/10.1080/01446190050024905>
- Tejada, G. (2000). Tutorial de Lógica Fuzzy. *Electrónica - UNMSM*, 5, 18-29. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/electron/article/view/4426>
- Vicent, I. (2014). *Conjuntos difusos: aplicación al control de procesos*. Prácticas Externas y Proyecto Final de Grado en Matemática Computacional. Universidad de Valencia.



Tendencias de investigación en branding enfocadas al adulto mayor: análisis bibliométrico y revisión sistemática de la literatura

LÓPEZ-RODRÍGUEZ, CAMPO ELÍAS

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO (Colombia)

Correo electrónico: clopezn3@uniminuto.edu.co

SANDOVAL-ESCOBAR, MARITHZA

Fundación Universitaria Konrad Lorenz (Colombia)

Correo electrónico: marithza.sandoval@konradlorenz.edu.co

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo identificar las tendencias de investigación en branding y construcción de las marcas enfocadas al adulto mayor, considerando la importancia del conocimiento de este segmento de consumo, a partir de los cambios sociodemográficos correspondientes a la estructura poblacional en el mundo. Para esto, se llevó a cabo un análisis bibliométrico a partir de la base de datos Scopus y desarrollado con el software R Core Team 2020 - Bibliometrix y posteriormente se realizó una revisión sistemática cualitativa utilizando el protocolo PRISMA. Los resultados muestran que existe un interés reciente por la investigación en torno al estudio del branding y de temas afines del análisis del consumidor del segmento de adulto mayor, aunque aún posee un bajo nivel de producción científica. Los hallazgos identifican como temas más relevantes aquellos asociados con el valor de marca, la imagen de marca, la orientación al mercado, las estrategias de marketing relacional, la segmentación del mercado y el comportamiento del consumidor mayor. Respecto a la imagen de marca, se aprecia que los aspectos más característicos de los estudios se relacionan con la psicografía de la edad, los procesos cognitivos, la autoconfianza y la audacia. A partir de la revisión previa se reconoce la pertinencia de realizar mayores esfuerzos investigativos para responder a la necesidad de conocimiento acerca del comportamiento del consumidor adulto mayor, dado que son escasos los trabajos que permiten identificar las influencias, procesos y patrones de comportamiento de este segmento de mercado en el mundo.

Palabras clave: branding; bibliometría; imagen de marca; valor de marca; consumidor; adultos mayores.

Clasificación JEL: M31, M70.

MSC2010: 62A01, 62B05, 62H25.

Artículo recibido el 19 de julio de 2021 y aceptado el 27 de abril de 2022.

Trends in branding research focused on the elderly: bibliometric analysis and systematic review of the literature

ABSTRACT

The purpose of this article is to identify research trends in branding and brand building focused on the elderly, considering the importance of knowledge of this consumer segment, based on the sociodemographic changes corresponding to the population structure in the world. For this purpose, a bibliometric analysis was carried out using the Scopus database and developed with the R Core Team 2020 -Bibliometrix software, followed by a qualitative systematic review of the PRISMA type. The results show that there is a recent interest in research on the study of branding and related topics of consumer analysis of the elderly segment, although it still has a low level of scientific production. The findings identify as the most relevant topics those associated with brand equity, brand image, market orientation, relationship marketing strategies, market segmentation, and senior consumer behavior. Regarding brand image, the most characteristic aspects of the studies are related to age psychographics, cognitive processes, self-confidence and boldness. From the previous review, it is recognized the relevance of making greater research efforts to respond to the need for knowledge about the behavior of the older adult consumer, since there are few studies that allow identifying the influences, processes and behavioral patterns of this market segment in the world.

Keywords: branding; bibliometrics; brand image; brand equity; consumer; older adults.

JEL classification: M31, M70.

MSC2010: 62A01, 62B05, 62H25.



1. Introducción

El adulto mayor como consumidor, también conocido en la literatura anglosajona como “*grey market, older people, elderly market y ageing people*” es un segmento de mercado que presenta un importante crecimiento a nivel demográfico, no solo en Colombia, sino a nivel global. Al respecto, un estudio elaborado por el Banco Mundial (2020) indica que entre 1950 y 1980 el porcentaje de adultos mayores con respecto a la población total se mantuvo alrededor 8%, para el año 2000 ascendió al 10%; y desde las tendencias previstas del envejecimiento demográfico mundial, se estima que en 2030 este porcentaje alcance el 16.6% y para el 2050 llegará a un 21.4%. Lo anterior, sustenta un evidente cambio en la estructura poblacional mundial, en virtud del aumento de la esperanza de vida y de la calidad de vida global; por ello, se ha ido generando una inversión gradual de la pirámide poblacional, haciendo del adulto mayor un segmento relevante para la consolidación comercial de las empresas que realmente poseen una orientación holística al mercado.

Teniendo en cuenta las anteriores dinámicas demográficas, las organizaciones desde sus actividades de branding deben tener presente al adulto mayor como un importante segmento, más aún, reconociendo que la mayoría de estos consumidores poseen cierta libertad económica convirtiéndolo en un mercado potencial importante para las marcas, que deben realizar transformaciones en sus aspectos funcionales, emocionales y simbólicos, particularmente cuando desean aproximarse a este segmento y desarrollar una comunicación estratégica con su mercado fundamentada en la imagen y en el valor de marca (Marín et al., 2020; Torres-Zamudio et al., 2021).

La imagen de marca hace referencia al conjunto de asociaciones vinculadas a la marca que los consumidores guardan en su memoria es decir, “un conjunto de creencias sobre una marca en particular” (Kotler & Armstrong, 2003, p. 114), convirtiéndose en un esquema multifuncional de características tangibles e intangibles, que permite al consumidor identificar la oferta empresarial (Parida et al., 2016; Aaker, 1991); por ello, una buena imagen de marca posibilita a las organizaciones consolidar sólidas ventajas competitivas en el mercado, donde los adultos mayores hacen parte activa como consumidores potenciales de bienes y servicios. Sin embargo, se observan diversas actividades de branding enfocadas en millennials, centennials, nativos digitales, entre otros, sin que sean claros los esfuerzos por desarrollar un posicionamiento en el segmento de adultos mayores.

El análisis y desarrollo de la imagen de marca se asocia con la propuesta de evaluación del brand equity de Keller (2003), que propone abordar la conciencia, el conocimiento, la actitud, la asociación, el apego, la vinculación emocional y la lealtad que los consumidores desarrollan hacia una marca (Aaker, 1991; Keller, 2002). El valor de marca permite que las empresas conozcan con claridad la sensación que los consumidores tienen hacia la marca, de ahí que esta representa valores que son coherentes con el sistema de confianza y las impresiones del consumidor (Otero & Giraldo, 2019).

A pesar de identificarse diversos estudios relacionados con el valor de marca y sus factores asociados en distintos segmentos sociodemográficos (McKelvey & Halpern-Felsher, 2020; Dash et al., 2021; Luo et al., 2020; Benraiss-Noailles & Viot, 2021) no se encuentran revisiones generales sobre los hallazgos en segmentos de adultos mayores, por lo que resulta pertinente el desarrollo de un estudio que analice la manera en que la comunidad académica ha abordado la temática de imagen de marca y brand equity en los adultos mayores, generado producción científica en torno al branding, teniendo como población objeto de estudio al adulto mayor como segmento del mercado.

A partir de lo anterior, en esta investigación se plantea la siguiente formulación del problema: ¿Cuáles son las tendencias de investigación en branding enfocadas al adulto mayor

como consumidor identificadas en la literatura académica publicada entre 2000 y 2021? Para ello, se hace pertinente describir el estado de los principales indicadores bibliométricos con respecto a la relación entre branding y adulto mayor, a partir de la literatura académica indexada en Scopus, identificando los elementos del valor de marca relacionados con los consumidores de edad adulta y explicando la relación entre imagen de marca y adultos mayores como segmento de mercado.

2. Metodología

2.1. Desarrollo del estudio bibliométrico

Para el desarrollo de la bibliometría se utilizó la base de datos Scopus, que posee una importante participación en el desarrollo de este tipo de estudios (Baas et al., 2020; Neme-Chaves & López-Rodríguez, 2021), y particularmente en ejercicios empíricos entorno al branding y consumidor (Kouropalatis et al., 2019; Neme-Chaves & Rodríguez-González, 2019; Lacka et al., 2020; Kumar et al., 2020). La estrategia de búsqueda en esta base de datos fue *(TITLE-ABS-KEY (elderly OR senior OR "goldenyear" OR "olderpeople" OR "greymarket") AND SRCTITLE (marketing) OR SRCTITLE (consumer) OR TITLE-ABS-KEY (branding))* obteniendo con ella 875 registros efectivos.

El periodo de tiempo analizado fue del año 2000 al 2021, seleccionando únicamente documentos de las siguientes áreas: Business, Management and Accounting, Economics, Econometrics and Finance, Psychology, and Social Sciences, lo anterior con el fin de acercar los resultados al campo del marketing, branding y del consumidor. El análisis estadístico se ejecutó en mayo de 2021 y se empleó la herramienta Bibliometrix (The R Project for Statistical Computing) (Aria & Cuccurullo, 2017), alternativa que ofrece soluciones en el adelanto de investigaciones de tipo cuantitativo para el análisis de datos textuales encontrados en diversas bases de datos como lo son Scopus, Web of Science, Cochrane, PubMed y Dimensions, haciéndola pertinente para el desarrollo de estudios bibliométricos (Mourao & Martinho, 2020).

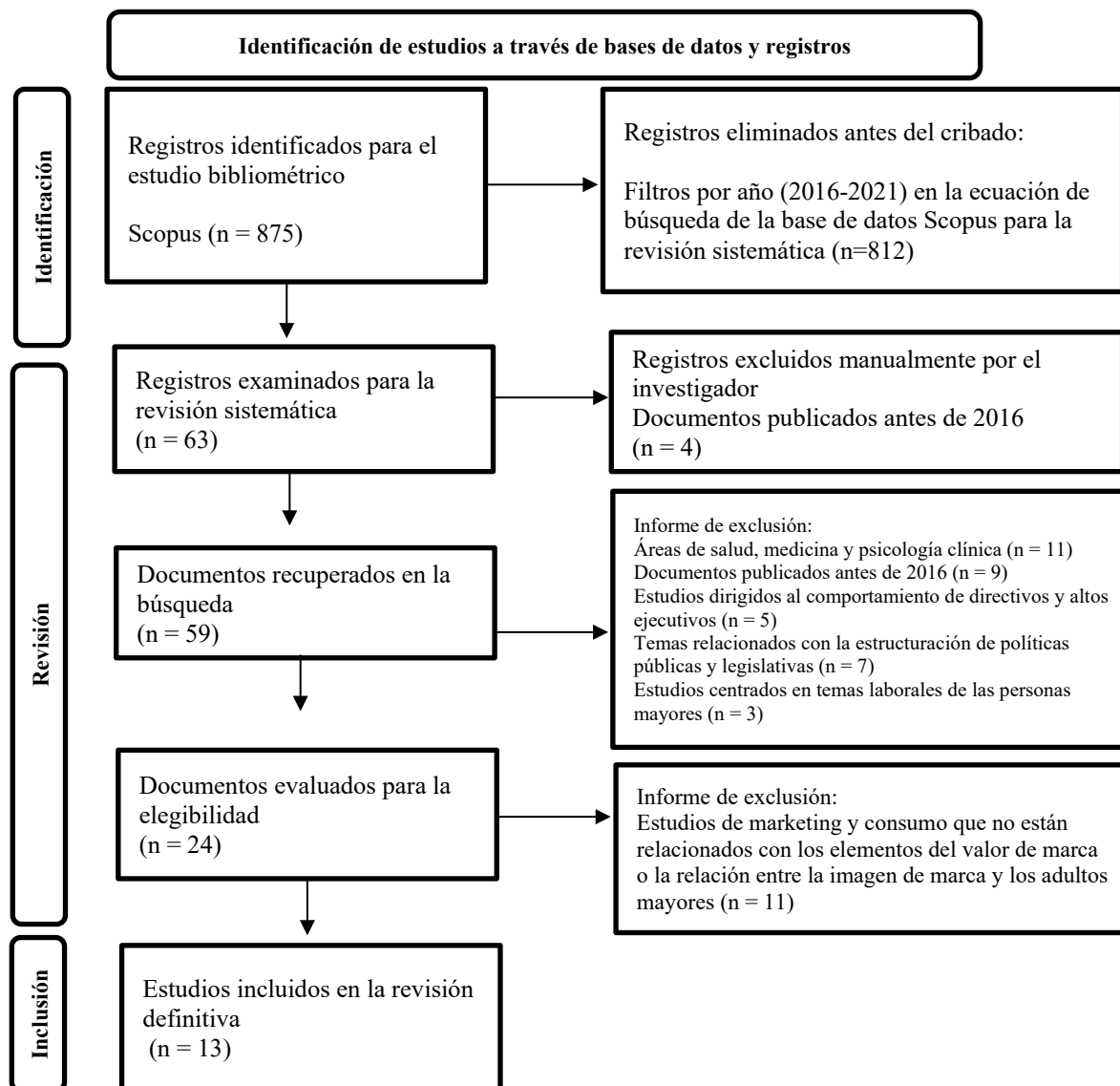
2.2. Criterios de la revisión sistemática cualitativa

En cuanto a la revisión sistemática, se exploraron los elementos de valor de marca y de la imagen de marca en adultos mayores como segmento de mercado a partir de las directrices de la declaración PRISMA que sustenta el desarrollo de este tipo de revisiones de literatura (Page et al., 2021). El levantamiento sistemático de los documentos se desarrolló en el mes de mayo de 2021 desde la base de datos Scopus a partir de la siguiente estrategia de búsqueda *(TITLE (elderly OR senior OR "goldenyear" OR "olderpeople" OR "greymarket") AND SRCTITLE (marketing) OR SRCTITLE consumer) OR TITLE-ABS-KEY (branding))* obteniendo 63 documentos con los cuales se inició la revisión sistemática cualitativa donde se tuvieron en cuenta algunos criterios de inclusión y exclusión.

Dentro de los criterios de inclusión se resaltan los siguientes: estudios asociados al valor de marca y a la imagen de marca, documentos relacionados con estas áreas: Business, Management and Accounting, Economics, Econometrics and Finance, Psychology, and Social Sciences, estudios desarrollados entre los años 2016 al 2021, investigaciones que poseen como población objetivo a los adultos mayores, documentos publicados en revistas de marketing, de consumidor y de branding, así como estudios tanto teóricos como empíricos. En cuanto a los criterios de exclusión se tuvo en cuenta información incompleta dentro de los registros de la base, temáticas relacionadas con la estructuración de políticas públicas y legislativas, estudios dirigidos al comportamiento de gerentes y directivos senior, documentos publicados antes del año 2016, estudios enfocados a temas laborales del adulto mayor y, finalmente, estudios de marketing y consumidor que no se relacionan con los elementos del valor de marca ni con la relación entre

imagen de marca y adultos mayores. El Gráfico 1 describe el proceso general de la aplicación de los anteriores criterios para la revisión sistemática desarrollada.

Gráfico 1. Diagrama de flujo PRISMA por niveles.



Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados

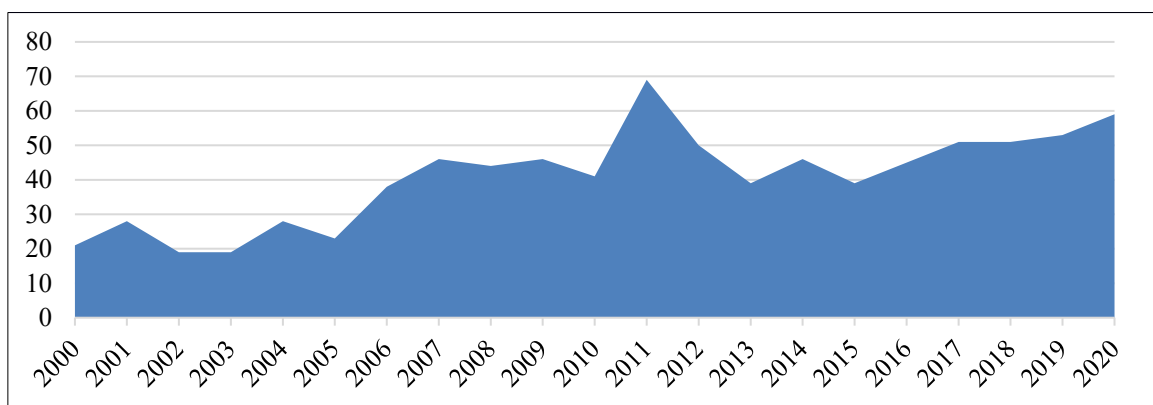
3.1. Análisis de los indicadores bibliométricos

Los resultados dan cuenta de un total de 875 documentos, de los cuales 752 son artículos (86%), 11 libros (1.2%), 60 capítulos de libro (6.8%), 12 proceeding (1.5%) y 40 revisiones (4.5%). Hay un total de 1905 autores, 175 de ellos generaron publicaciones de forma individual (9.9%), mientras que los restantes 1730 desarrollaron sus publicaciones en coautoría con otros investigadores (90.1%). Se presenta un índice de colaboración general del 2.52, así como un

índice de 2.53 coautores por documento y un índice de 0.459 documentos por autor. Se reconoce un promedio de citas por documento de 23.37 con 2.02 citas promedio por año para cada uno de ellos, y un total de 45253 referencias utilizadas.

Durante el periodo de tiempo analizado en la bibliometría se presentó un importante incremento de la producción académica relacionada al tema de estudio, con un repunte a partir del año 2015 y hasta la actualidad, lo que evidencia un emergente interés científico en desarrollar estudios relacionados con los adultos mayores en el entorno del marketing, del branding y del consumidor, tal como se observa en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Nivel de producción anual.



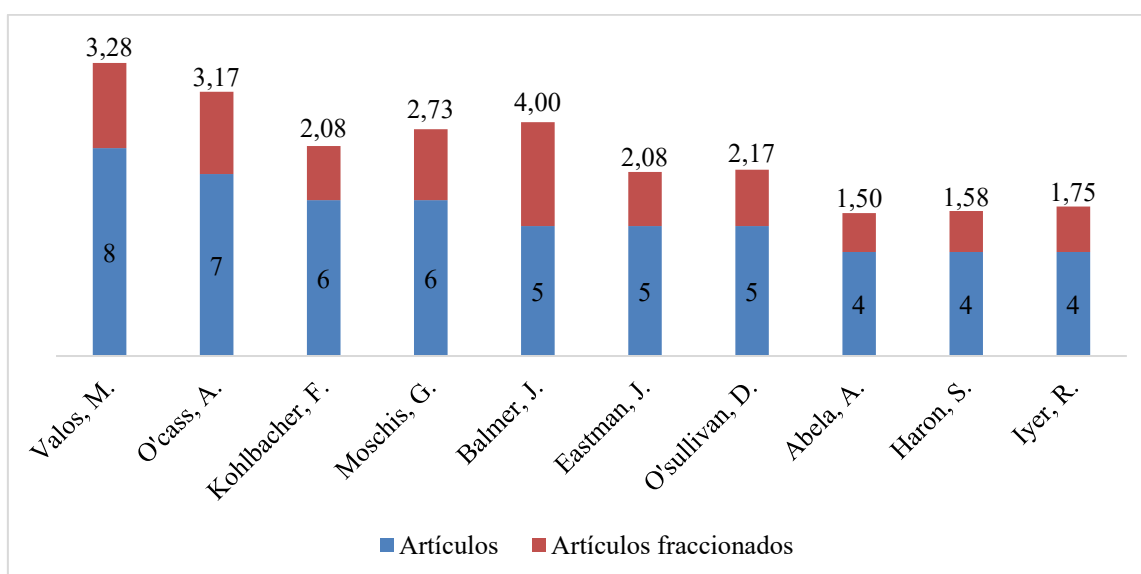
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los países con mayor productividad se encuentra el primer lugar Estados Unidos con un total de 520 documentos, seguido del Reino Unido con 310, Australia con 169, China con 70, Francia con 46, Canadá con 45, India con 39 con 34 y Nueva Zelanda con 31. Los países más productivos son en su orden Estados Unidos, Reino Unido, Australia, China, Francia, Canadá y Alemania, y respecto a la citación total de documentos por país, nuevamente aparece como líder Estados Unidos con 6938 citaciones, seguido del Reino Unido con 2896, Australia con 1618, Francia con 1173 y Hong Kong con 495. Sin embargo, respecto al promedio de citación, el primer lugar lo ocupa Bélgica con 62.00, seguido de Francia con 61,74, Irlanda con 55,80, Grecia con 51,00 y Hong Kong con 49,50.

3.1.1. Productividad de los autores

El Gráfico 3 relaciona los autores con mayor productividad, resaltando a Michael Valos como el autor con mayor número de publicaciones, con un total de 8. De igual manera, se plasma el nivel de artículos fraccionados, donde cada documento de autoría múltiple se divide entre el número de autores que figuran en la publicación, resaltando allí a John Balmer con 4.0 y nuevamente a Michael Valos con 3.28. Por otra parte, y como lo resaltan Neme-Chaves & López-Rodríguez (2021), los índices de resonancia investigativa permiten conocer quiénes son los autores más destacados de un área disciplinar, de ahí la pertinencia de la Tabla 1 al relacionar los índices H, G y M de los autores más representativos.

Gráfico 3. Autores con mayor productividad.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Índice H, G and M de los principales autores.

Autor	H_index	G_index	M_index	TC	NP	PY_inicio
Valos, M.	6	8	0.4	115	8	2007
O'cass, A.	5	7	0.417	238	7	2010
Balmer, J.	5	5	0.357	311	5	2008
O'sullivan, D.	5	5	0.333	316	5	2007
Kohlbacher, F.	4	6	0.364	63	6	2011
Eastman, J.	4	5	0.222	314	5	2004
Abela, A.	4	4	0.235	283	4	2005
Iyer, R.	4	4	0.222	312	4	2004

Nota: TC: total de citas; NP: número de publicaciones; PY_inicio: año de inicio de la publicación.

Fuente: Elaboración propia.

Otro indicador pertinente que analiza la productividad de los autores es el coeficiente Lotka, que describe la frecuencia de publicación de los autores en cualquier área del conocimiento y es dada como una ley de cuadrado inverso donde el número de autores que publican un cierto número de artículos constituyen una relación fija respecto al número de autores que publican un solo artículo (Neme-Chaves & Rodríguez-González, 2019); por ello, se relaciona con la productividad de los autores y se basa en la premisa de que algunos investigadores publican mucho y muchos investigadores publican poco (Corrales-Reyes et al., 2018).

De lo observado en la Tabla 2, se infiere que existen 1684 autores que solo han escrito y publicado un documento, 162 autores con 2 documentos publicados, 44 autores con 3 documentos y 8 autores con 4 documentos. Es pertinente destacar a Balmer, Eastman y O'sullivan con 5 documentos cada uno, Moschis y Kohlbacher quienes han publicado 6 documentos cada uno,

O'cass que ha generado 7 documentos, y tan solo un autor ha publicado 8 documentos, que es el caso de Valos.

Tabla 2. Coeficiente Lotka.

Documentos escritos	Número de autores	Proporción de autores
1	1684	0.884
2	162	0.085
3	44	0.023
4	8	0.004
5	3	0.002
6	2	0.001
7	1	0.001
8	1	0.001

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Documentos más citados

Es pertinente identificar los documentos que poseen mayores niveles de citación con el propósito de seguir reconociendo los autores de mayor representatividad que han estudiado al adulto mayor desde la óptica del branding y del consumidor. Al respecto, en la Tabla 3 se relacionan los documentos con mayor citación, resaltando de cada uno de ellos su referencia desde la norma APA, el total de citas históricas del documento (TC) y el total máximo de citas que ha recibido anualmente (TC por año).

Tabla 3. Documentos con mayor citación.

Autores	Título del documento	TC	TC por año
Calantone et al. (2002)	Learning orientation, firm innovation capability, and firm performance.	1387	69.35
Henard & Szymanski (2001)	Why some new products are more successful than others.	859	40.90
Sethi et al. (2001)	Cross-functional product development teams, creativity, and the innovativeness of new consumer products.	524	24.95
Olson et al. (2005)	The performance implications of fit among business strategy, marketing organization structure, and strategic behavior.	484	28.47
Uлага & Reinartz (2011)	Hybrid offerings: how manufacturing firms combine goods and services successfully.	481	43.72

Nota: TC: total de citas.

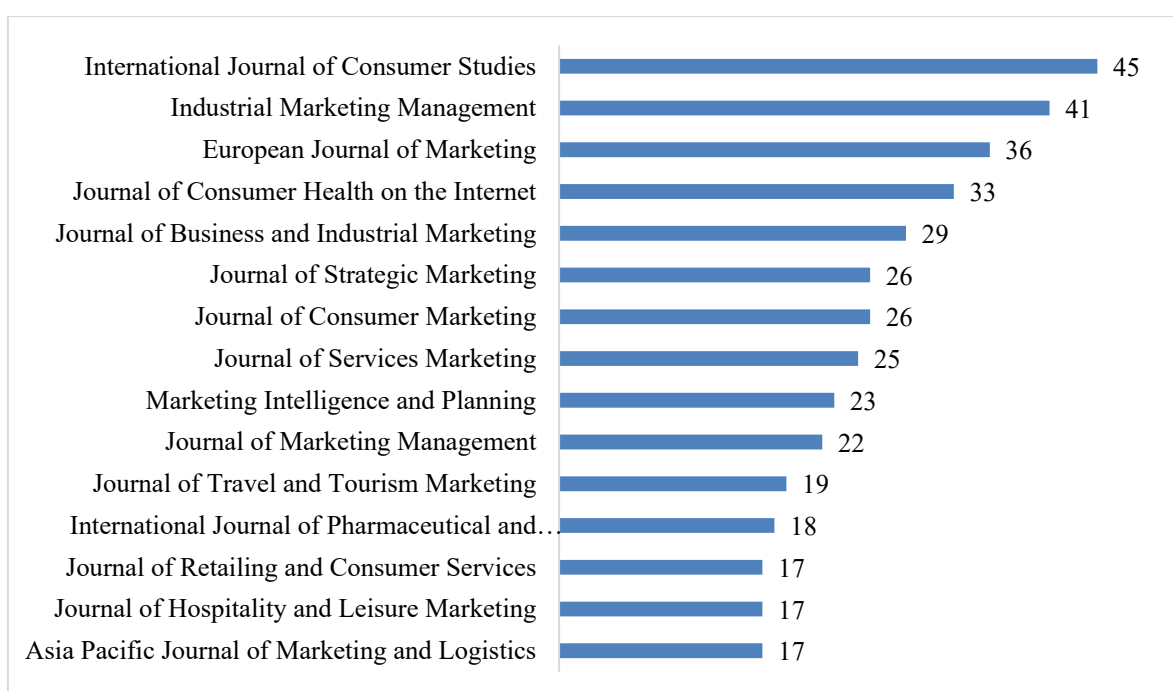
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Principales revistas

En el Gráfico 4 se observa que, en primer lugar, se encuentra International Journal of Consumer Studies con 45 artículos, Industrial Marketing Management con 41, European Journal of Marketing con 36, Journal of Consumer Health on the Internet con 33, Journal of Business and Industrial Marketing con 29, Journal of Strategic Marketing y Journal of Consumer Marketing con 26 artículos cada una, y finalmente Journal of Services Marketing con 25 documentos.

Respecto a las revistas con el mayor número de citaciones en el campo de estudio, la Tabla 4 está encabezada por Journal of Marketing que cuenta con 2086 citas, Journal of Marketing Research con 916, Industrial Marketing Management posee 839, Journal of Consumer Research cuenta con 820 y Journal of The Academy of Marketing Science con 702 citaciones.

Gráfico 4. Revistas con mayor número de publicaciones en el tema de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Revistas con mayor nivel de citación.

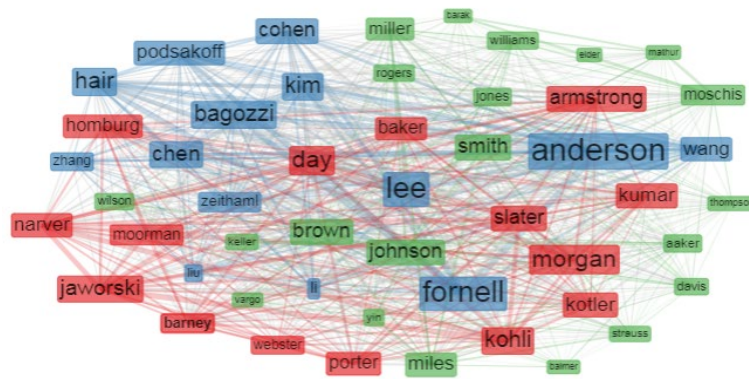
Revistas	Citas
Journal of Marketing	2086
Journal of Marketing Research	916
Industrial Marketing Management	839
Journal of Consumer Research	820
Journal of The Academy of Marketing Science	702
Journal of Business Research	679
Strategic Management Journal	647
European Journal of Marketing	634

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Acoplamiento bibliográfico

El acoplamiento bibliográfico es utilizado para identificar diferentes frentes temáticos en torno a una investigación y permite explorar la literatura que se produce y que se consume en una comunidad científica (Orviz et al., 2021). Al respecto, el Gráfico 5 describe la presencia de 3 clúster de autores con una importante co-citación entre ellos. El primero (azul) está representado principalmente por Anderson, Lee, Fornel y Bagozzi, donde se destacan los estudios de Lee y Kim, entre otros (Uncles & Lee, 2006; Kim et al., 2018) los cuales se enfocan en temáticas relacionadas con comportamientos de compra y asociaciones con la marca. En segundo lugar (rojo), se encuentran autores como Morgan, Armstrong, Kotler, Baker, Porter, Jaworski, Kohli, y Barney, destacando estudios de Baker et al. (2002) asociados con estudios de percepción de valor de marca y branding corporativo. En tercer lugar (verde) se identifican principalmente a Johnson, Brown, Smith, Moschis y Moore con algunos documentos relevantes (Smith et al., 1987; Moschis & Burkhalter, 2007; Moschis & Ong, 2011; Moschis et al., 2011), enfocándose en la segmentación de adultos mayores como consumidores de productos financieros y comportamiento del consumidor de productos religiosos.

Gráfico 5. Co-citación de autores.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la co-ocurrencia de palabras clave, el gráfico 6 resalta entre los términos más importantes propuestos por los autores a “market orientation”, “elderly”, “seniors”, “internet”, “marketing strategy”, “relationship marketing”, “innovation”, “elderly people”, “segmentation”, “older consumers” y “consumer behaviour”, siendo estos los conceptos relevantes en el presente análisis bibliométrico.

Gráfico 6. Co-ocurrencia de palabras clave.



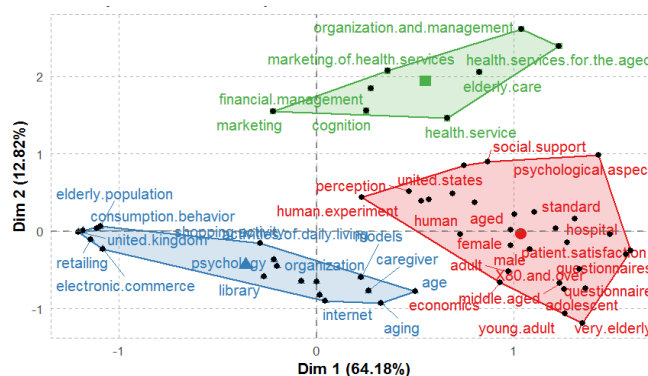
Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Estructura conceptual del campo de estudio

Las áreas temáticas relacionadas al estudio del adulto mayor en el escenario del branding y consumidor se evidencian a partir del análisis de correspondencias múltiples (MCA), que cuantifica datos nominales a través de la asignación de valores numéricos a los casos y categorías, de manera que los objetos de la misma categoría estén cerca los unos de los otros y los objetos de categorías diferentes estén alejados los unos de los otros (Parchomenko et al., 2019).

El Gráfico 7 describe 3 clústeres: en el primero (verde) se agrupan áreas temáticas relacionadas con estrategias de marketing (Guido et al., 2020), gerencia y organizaciones (Van der Zanden et al., 2014), marketing en servicios de salud (Forero & Gómez, 2017), gerencia financiera (Moschis & Burkhalter, 2007; Chaouali & Souiden, 2019), y cuidado de los adultos mayores (Meneely et al., 2009; Lambert-Pandraud & Laurent, 2010). En el segundo clúster (azul) se identifican tendencias temáticas asociadas con mercados maduros (Guido et al., 2018), estudios demográficos y de marketing (Lambert-Pandraud et al., 2005), comercio electrónico (Zhu et al., 2020), comportamiento del consumidor (Teller & Gittenberger, 2011), compras del adulto mayor (Carpenter et al., 2005), psicología del consumidor (Swimberghe et al., 2018), y envejecimiento del consumidor (Kohijoki, 2011). El tercer clúster (rojo) se identifican temas asociados con los Estados Unidos de América (Cornwell et al., 2008), percepción del consumidor (Wang et al., 2013), el consumidor adulto (Moschis & Burkhalter, 2007; Halwani, 2019), y servicios de apoyo social al adulto mayor (Ho & Shirahada, 2020) como los más representativos.

Gráfico 7. Estructura conceptual del estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La bibliometría muestra algunas áreas de estudio de la temática por parte de las comunidades académicas en el mundo, donde se observa un interés incipiente en el tema de las marcas enfocadas en el adulto mayor. Por ello, el estudio se complementa con una revisión sistemática cualitativa, la cual tiene como objetivo robustecer el corpus teórico analizado, ejercicio que se enfoca en identificar particularmente dos elementos del branding: los elementos de valor de marca en consumidores de edad adulta y la relación entre la imagen de marca con los adultos mayores.

3.2. Revisión sistemática cualitativa

De acuerdo con el protocolo PRISMA, descrito previamente en el apartado de metodología, se consideraron inicialmente 59 documentos, tras eliminar 4 por poseer información incompleta dentro de los registros de la base. Inmediatamente, después de la lectura de los títulos y resúmenes se descartaron 35, principalmente por centrarse en temáticas relacionadas con áreas de salud, medicina y psicología clínica (n=11), documentos publicados antes del año 2016 (n=9), estudios

dirigidos al comportamiento de gerentes y directivos senior (n=5), temáticas relacionadas con la estructuración de políticas públicas y legislativas (n=7) y estudios enfocados a temas laborales del adulto mayor (n=3).

Después de tener en cuenta la anterior sistematización, se identificaron 24 documentos, de los cuales fueron descartados 11 al ser estudios de marketing y consumidor que no se relacionan con los elementos del valor de marca ni con la relación entre imagen de marca y adultos mayores, obteniendo como resultado final un total de 13 documentos efectivos, que cumplieron con los criterios de inclusión para llevar a cabo la revisión sistemática.

En la Tabla 5 se aprecian los autores, objetivos, métodos y principales hallazgos de los 13 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Se observa que existen dos tendencias claramente diferenciadas: la primera se relaciona con los elementos de valor de marca en consumidores de edad adulta y en segundo lugar la relación entre la imagen de marca con los adultos mayores. Estas dos tendencias en algunos estudios se complementan, con hallazgos que permiten identificar aspectos de valor de marca que se dirigen también al desarrollo de la imagen en adultos mayores, pero en otros casos los objetivos solo consideran una parte de estas dos facetas del problema de las marcas.

3.2.1. Elementos de valor de marca en consumidores de edad adulta

Dentro de los elementos que se han estudiado para fortalecer el valor de marca en el adulto mayor como consumidor se resalta el desarrollo de la propuesta de co-creación de brand equity a partir de dimensiones como el disfrute, el crecimiento personal, el dominio, la autonomía y la conexión social que pueden establecer las marcas con este segmento (Bianchi, 2021), mientras que para Amado et al. (2019) la confianza, el sentido de conexión, la competencia y la responsabilidad son las características de las marcas más valoradas por los adultos mayores. Por otra parte, Swimberghe et al. (2018) confirman la existencia de tres facetas centrales del valor de marca basado en el consumidor las cuales contribuyen a la consolidación de comunidades de marca en segmentos de edad adulta: calidad percibida, valor percibido por el costo y singularidad de la marca.

Es pertinente tener en cuenta que, desde la perspectiva de Phua et al. (2020) las marcas nuevas que desean incrementar no solo su participación sino su posicionamiento en el mercado, no deben ignorar al adulto mayor como segmento relevante, esto teniendo en cuenta que las marcas con mayor tiempo en el mercado poseen una ventaja predeterminada por el conocimiento que los consumidores mayores tienen de ellas; y relacionado con la efectividad publicitaria que potencializa la percepción de valor de la marca por parte de los consumidores de edad adulta (Hwang & Lee, 2019), que en el panorama de la comercialización de servicios se asocia con el capital social y la lealtad (Meshram & O’Cass, 2018), escenario donde este tipo de consumidores fortalecen su identidad a partir de la generación de marcas familiares, las cuales resaltan valores positivos y mensajes más claros respecto a los productos que representan (Japutra et al., 2021).

3.2.2. Relación entre la imagen de marca con los adultos mayores

Los resultados resaltan que la imagen de marca se consolida en el adulto mayor en la medida en que los responsables de las actividades de branding en las organizaciones mejoren el patrocinio del consumidor a través del compromiso de la comunidad, optimicen las prácticas comerciales locales a través de la relación entre la empresa y sus clientes y rediseñen los entornos espaciales para brindar experiencias significativas al consumidor mayor (Meshram & O’Cass, 2018), siendo un segmento que, cuando es motivado por las emociones, desarrolla un conjunto de asociaciones vinculadas a la marca cuando estas transmiten un sentido de conexión, de confianza y de unión con este mercado (Japutra et al., 2021), lo que psicológicamente alienta a los adultos mayores a consumir bienes y servicios desde las comunidades de marca (Swimberghe et al., 2018).

Tabla 5. Características de los estudios revisados.

Autor	Objetivo	Método	Resultados	
			Elementos de valor de marca en consumidores de edad adulta	Relación entre la imagen de marca con los adultos mayores
Bianchi (2021)	Investigar cómo los servicios de internet pueden mejorar el bienestar de los consumidores de edad avanzada desde la co-creación de valor.	Se utiliza una metodología cualitativa desde la aplicación de 24 entrevistas en profundidad con consumidores mayores de 75 años y sus familiares.	Co-creación de brand equity con el adulto mayor desde 5 dimensiones: disfrute, crecimiento personal, dominio, autonomía y conexión social.	No aplica
Rajaobelina et al. (2020)	Examinar el impacto de la experiencia del servicio móvil en la confianza de los consumidores mayores en instituciones financieras	Aplicación de un cuestionario autoadministrado en línea a 390 individuos de 55 años o más. Se realizó un análisis multigrupo para evaluar el papel moderador de la edad respecto al el impacto de la experiencia del servicio móvil.	Se confirma la presencia de vínculos entre cuatro de las cinco dimensiones de la experiencia del servicio (cognitiva, afectiva / sensorial positiva, afectiva negativa y social) y la confianza.	Mientras que la dimensión social tiene una mayor influencia en la confianza en las personas de 65 años y más la dimensión afectiva / sensorial positiva ejerce un impacto marcado más profundo en la confianza en las personas de 55 a 64 años.
Swimberghe et al. (2018)	Examinar cómo las percepciones del valor de marca de los consumidores mayores contribuyen a la promoción de la marca a través de un sentido psicológico de comunidad de marca.	Encuestas por correo enviadas a una muestra de 2200 clientes existentes. Dimensiones validadas con Alpha de Chronbach. Se determinan las medias, desviaciones estándar, correlaciones y un modelo estructural para comprobación de hipótesis.	Tres facetas centrales del valor de marca basado en el consumidor contribuyen al sentido psicológico de comunidad de marca de los consumidores mayores: calidad percibida, valor percibido por el costo y singularidad de la marca.	Un sentido psicológico de comunidad de marca motiva a los consumidores mayores a consumir desde las comunidades de marca.
Imm et al. (2020)	Cerrar la brecha en la literatura mediante el análisis de factores que pueden inhibir o motivar la intención de compra de jubilados en Malasia.	Se recopilaron datos de 261 adultos mayores de Malasia y se analizaron utilizando modelado de ecuaciones estructurales.		La actitud, la norma subjetiva, el control conductual percibido y la sostenibilidad social que asocian con la marca fueron predictores significativos que explicaron la intención de compra de los adultos mayores.

Phua et al. (2020)	Comparar los comportamientos de compra de consumidores mayores entre marcas antiguas y nuevas en la venta minorista de comestibles.	Se observaron las medidas de desempeño de la marca, que incluyen la frecuencia de compra promedio y la participación de los requisitos de la categoría. Luego, se cuantificaron los puntajes promedio para cada desviación dentro de la marca para resumir la divergencia en valores absolutos (ignorando los signos \pm).	Para las marcas más nuevas, los consumidores mayores no deben ser ignorados como mercado potencial para hacer crecer la marca. Para las marcas más antiguas, existe una ventaja predeterminada desde su conocimiento a largo plazo por parte de los consumidores mayores.	Los consumidores mayores prueban y se vuelven leales a las marcas más nuevas.
Arenas-Gaitán et al. (2019)	Proponer el estudio de la adopción y uso de la banca electrónica por adultos mayores de 50 años, desde el marco teórico basado en la teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología.	Se analiza la heterogeneidad de los adultos mayores mediante el uso de una segmentación de clases latentes basada en modelos estructurales denominada segmentación orientada a la predicción por mínimos cuadrados parciales.		La edad psicográfica como la cognitiva, la autoconfianza y la audacia son criterios explicativos del comportamiento de los adultos mayores en relación con las marcas.
Chaouali & Souiden (2019)	Investigar la resistencia a la banca móvil entre las personas mayores.	Se realizó un análisis multigrupo para comparar las relaciones entre barreras psicológicas y funcionales. Se recopiló datos de 425 personas mayores que no eran usuarios de banca móvil y se utilizó un modelo estructural y un análisis multigrupo. Relaciones casuales entre cuatro dimensiones de la economía de la experiencia y la percepción del bienestar, los efectos de la percepción del bienestar en las actitudes del consumidor hacia una marca, apego a la marca y lealtad a la marca, y el papel moderador de la efectividad publicitaria. Se recopiló datos de 323 turistas mayores en Corea.		Se destaca la heterogeneidad entre los ancianos cognitivamente jóvenes y los ancianos cognitivamente mayores con respecto a sus percepciones de las marcas como barreras para la banca móvil.
Hwang & Lee (2019)	Examinar cómo consolidar la percepción de bienestar en la industria del turismo para personas mayores.		La efectividad publicitaria tiene una importante función moderadora en la relación entre educación y percepción de valor de la marca.	

Kim et al. (2019)	Examinar las relaciones entre la confianza, los valores funcionales y hedónicos, el bienestar y el boca a boca en adultos mayores.	Se analizaron a 300 adultos mayores en los Estados Unidos que utilizaron sitios web de viajes y compraron paquetes turísticos, empleando la técnica de modelado de ecuaciones estructurales.		La confianza que genera la marca influye significativamente tanto en los valores funcionales como en los hedónicos, lo que redundo en bienestar del adulto mayor
Amado et al. (2019)	Examinar los métodos y enfoques utilizados en el proceso de creación de marca de una comunidad en línea para adultos mayores.	Se desarrolla un proceso de branding participativo, apoyado por un taller de grupo focal realizado con 10 adultos mayores de 50 años y más.	La confianza, el sentido de conexión, la competencia y la responsabilidad son las características de las marcas más valoradas por los adultos mayores.	
Meshram & O’Cass (2018)	Ofrecer un marco de propuesta de valor que explique cómo las personas mayores pueden desarrollar sus experiencias con las marcas.	En el primer estudio se utiliza un grupo de enfoque y se analiza con el software QSR NVivo después del análisis de contenido. El segundo estudio se basa en 324 encuestas y se analiza con el software AMOS versión 24.	Proporciona un enfoque centrado en el consumidor para el panorama de servicios e incorpora relaciones con la marca desde el valor, el capital social y la lealtad.	Los hallazgos brindan tres implicaciones prácticas que los gerentes deben considerar en relación con su marca: mejorar el patrocinio del consumidor a través del compromiso de la comunidad, mejorar las prácticas comerciales locales a través de la amistad entre el consumidor y el propietario y rediseñar los entornos espaciales para brindar experiencias significativas al consumidor.
Parida et al. (2016)	Analizar la manera en la cual las personas mayores utilizan cada vez más los sitios de redes sociales para acceder a información relacionada con servicios de salud.	Utilizando las respuestas de una encuesta a 610 personas mayores en Suecia se examina el modelo de aceptación de la tecnología y los factores sociodemográficos que influyen positivamente en el uso de las redes sociales por parte de las personas mayores.		Las actitudes tecnológicas fortalecen el efecto sobre el uso de las redes sociales para actividades relacionadas con la salud que fortalecen comunidades de marca.
Japutra et al. (2021)	Examinar las relaciones entre la ansiedad por la marca, el odio hacia la marca y la obsesión, e ilustra los impactos de la edad y el afecto por la marca en estas relaciones.	Encuesta en línea para probar las rutas propuestas en una muestra de 416 consumidores. Se utilizó el modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales.	La participación de los adultos mayores permitió incrustar sus valores e identidad en la generación de una marca más familiar, valores positivos y mensajes más claros.	Este grupo objetivo estaba motivado por las emociones y tendía a valorar las marcas que transmitían un sentido de conexión, confianza y unión.

Fuente: Elaboración propia.

Imm et al. (2020) resalta que el conjunto de creencias sobre una marca en particular es determinado por la actitud, la norma subjetiva, el control conductual percibido y la sostenibilidad social, elementos que explican y validan la intención de compra de los adultos mayores, de ahí que sí existe la probabilidad de que los consumidores mayores prueben y se vuelvan leales a las marcas más nuevas en el mercado (Phua et al., 2020); sin embargo, para Arenas-Gaitán et al. (2019) la edad psicográfica como la cognitiva, la autoconfianza y la audacia son criterios explicativos de las creencias y del comportamiento de los segmentos de edad adulta en relación con las marcas.

4. Discusión

El branding y el comportamiento del consumidor son ejes transversales en los estudios de marketing (Aaker, 1991; Keller, 2002; Solomon et al., 2017; Sandoval et al., 2018), los cuales han permeado diferentes disciplinas y escenarios emergentes como lo son la gestión humana (López-Rodríguez & Neme-Chaves, 2021); las neurociencias aplicadas al estudio del consumo (Golnar-Nik et al., 2019; Ortegón-Cortazar, 2019), la internacionalización de servicios (López-Rodríguez et al., 2020), la psicología del consumidor (Saad, 2020) y el marketing político (Pal, 2017); de ahí la pertinencia de identificar la manera en la que estos ejes han sido estudiados en el segmento de adulto mayor.

A partir de los hallazgos de la bibliometría, desde el año 2015 se observa un crecimiento de los estudios asociados al branding y al consumidor en el segmento de adulto mayor, siendo Estados Unidos, Reino Unido y Australia los países con mayor productividad. En cuanto a los autores, se concluye que Michael Valos es el investigador con mayor número de publicaciones, seguido de John Balmer. El primero de ellos es profesor titular de marketing en Deakin University en Australia, y se ha enfocado en temas relacionados con las redes sociales, canales de marketing e implementación estratégica de la marca; mientras que el segundo es profesor de marketing corporativo en Brunel University London, desarrollando investigaciones sobre marcas corporativas e identidad patrimonial corporativa. Cada uno de ellos, ha incluido al adulto mayor como uno de los principales segmentos estudiados en sus líneas de investigación.

Otros autores relevantes son Moschis y Ong (2011) quienes desarrollan el análisis de las marcas en el consumo de productos religiosos, Groeppel-Klein et al. (2017) cuyos trabajos se dirigen al estudio del consumo de marcas de la canasta familiar, y también las publicaciones de Rajaobelina et al. (2020) sobre el impacto de la experiencia del servicio móvil en la confianza de los consumidores. De otra parte, se aprecian los estudios de Swimberghe et al. (2018) sobre las percepciones del valor de marca de los consumidores mayores desde las comunidades de marca, y los de Imm et al. (2020) que analizan los factores que pueden inhibir o motivar la intención de compra y la lealtad hacia las marcas.

Como se evidencia, existen comunidades académicas muy específicas enfocadas en el adulto mayor como consumidor, lo que difiere de la topografía e interrelación de los grupos académicos en torno a la investigación en marketing, donde se identifican grandes comunidades que desarrollan colaboraciones permanentes entre países y universidades en las temáticas de branding, estudios que se han llevado a cabo en diferentes latitudes, culturas y escenarios geográficos globales, donde el adulto mayor no es protagonista. Esta realidad contrasta con las tendencias mundiales demográficas, puesto que se estima que de los 962 millones de adultos mayores existentes, para el año 2030 esta cifra alcanzará los 1400 millones, con un incremento aproximado del 46% (Naciones Unidas, 2020); por ello, los grupos de investigación académica deberán reevaluar su interés y visión del adulto mayor como consumidor y ofrecer información pertinente para la toma de decisiones de tipo gubernamental, empresarial y social, con lo que incrementarán en los próximos años las colaboraciones entre grupos académicos y universidades en el mundo.

Como se identificó en el análisis bibliométrico, los clústeres temáticos hasta el momento se han dividido en tres grandes grupos: el primero de ellos enfocado a áreas relacionadas con estrategias de marketing, gerencia y organizaciones, marketing en servicios de salud y cuidado de los adultos mayores;

el segundo, resaltando temas asociados con mercados maduros, estudios demográficos y de marketing, comercio electrónico, comportamiento del consumidor, compras del adulto mayor y envejecimiento del consumidor; en el tercero, se identifican temas asociados con la percepción del consumidor, el consumidor adulto y servicios de apoyo social al adulto mayor. Estos clústeres muestran un enfoque académico en relación con el adulto mayor, que en su mayoría refleja una concepción del consumo desde las necesidades especiales en el ciclo de vida y el interés por caracterizar dicho segmento.

Las temáticas identificadas en el análisis bibliométrico permiten resaltar la escasez de literatura que asocia al branding con el adulto mayor como consumidor, lo que permite concluir, como se estableció previamente, que este segmento del mercado no ha tenido un interés significativo por parte de los académicos, particularmente cuando se trata de temas como el valor y la imagen de marca, razón por la que desde la revisión sistemática se identificaron solamente 13 documentos de investigación que abarcan estos temas.

El crecimiento demográfico de esta población perfila al adulto mayor como un mercado potencial para las diferentes industrias y sectores productivos, quienes deben estructurar propuestas de valor acordes a sus intereses, experiencias, emociones y percepciones del mundo comercial. Esta realidad contrasta con los más de 200000 estudios visualizados en temáticas asociadas a la salud en adultos mayores, mientras que se aprecian un poco más de 1500 publicaciones en marketing dirigidas al adulto mayor, solamente al realizar la búsqueda en la base de datos Scopus. Lo anterior significa que existe una brecha entre los intereses de las comunidades académicas y las necesidades de conocimiento e información de los sectores económicos y de la sociedad en general, lo que puede relacionarse con los señalamientos de Pham (2013) respecto a los problemas de endogamia y alcance del estudio del comportamiento del consumidor. Este autor resalta algunas falencias en los estudios desarrollados en psicología del consumidor y particularmente manifiesta que existe una restricción frente al alcance de la investigación en torno al comportamiento del consumidor, esto debido a que los académicos no abordan de manera holística este campo de estudio en áreas como la personalidad, las influencias sociales o biográficas, las cuales se asocian con el segmento del adulto mayor.

La falta de interés de los grupos académicos interesados por el branding respecto al adulto mayor como consumidor se evidencia en los hallazgos de Jia et al. (2018), quienes desarrollaron una descripción general cuantitativa y holística de 728 artículos en psicología del consumidor desde 1960 hasta el año 2016, en los que es latente la orientación hacia las nuevas generaciones. En dicho estudio, los adultos mayores no aparecen como núcleo temático en ninguno de los dos periodos descritos en este análisis histórico. Claramente la endogamia y la realimentación de temáticas de interés que dominan las comunidades académicas en el campo de la psicología del consumidor han incidido en que los adultos mayores como consumidores no hayan protagonizado investigaciones que aporten valor tanto a la academia como a los diferentes sectores productivos, que deberían beneficiarse de los posibles hallazgos para la estructura holística de sus estrategias hacia el mercado.

A partir de los cuestionamientos respecto a las dinámicas del campo de estudio, el crecimiento de la población de adultos mayores requiere cambios metodológicos que permitan comprender de manera profunda y global los procesos de branding que desarrolla este segmento del mercado. Desde la revisión sistemática, se observó que en la mayoría de los documentos se generan metodologías cuantitativas con un alto componente estadístico, dejando de lado apuestas cualitativas que pueden consolidar la comprensión del comportamiento de consumo de este segmento, así como el abordaje de nuevas estrategias y tácticas de marketing pertinentes para los adultos mayores.

En muchos casos, el envejecimiento de las personas implica la pérdida de su memoria a corto plazo, las dificultades en los cálculos numéricos, y el dominio de plataformas tecnológicas; sin embargo, un importante número de investigaciones cuantitativas utilizan instrumentos para el levantamiento de la información a través de estos medios digitales, lo que imposibilita la adecuada participación de estos segmentos. Lo anterior impide que existan muchas más investigaciones que persigan el entendimiento del consumo, de la construcción de marcas desde las historias de vida de las

personas mayores, así como desde sus experiencias de interacción con éstas, lo que difícilmente puede identificarse a partir de encuestas, ya sean éstas on line o presenciales.

Teniendo en cuenta los pilares de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) y para la Ciudadanía Mundial propuestos por la UNESCO (2021) donde se resaltan la alfabetización ecológica, el pensamiento sistémico del consumo, la comprensión del diseño y la tecnología, y los contextos culturales, el marketing y la psicología del consumidor no pueden evadir su compromiso con esta agenda mundial. Por esta razón, dentro de las propuestas de investigación de interés que surgen a partir de este análisis bibliométrico y revisión sistemática de la literatura se encuentran la capacidad de generar comunidades de marca en torno a las realidades de consumo de los adultos mayores, la generación de estrategias para el relacionamiento con este segmento sin que haya una concepción de infantilización del adulto, sino desde el reconocimiento de su poder como consumidor.

La consolidación de estrategias que permitan una adopción tecnológica desde alfabetización digital puede permitir un mayor acercamiento entre las marcas y los adultos mayores en Colombia, fomentando el uso y la optimización de diferentes canales de servicio, de transacciones financieras, acceso a los canales de distribución masivos, así como también a la adecuada explotación de las comunicaciones integradas de marketing donde la publicidad, las promociones de venta, el merchandising, las ventas personales, el marketing digital y las redes sociales también tengan como target al adulto mayor, permitiendo consolidar las marcas nuevas y las que ya están posicionadas en el mercado con este segmento.

Dentro de las limitaciones presentadas en el desarrollo del estudio se resalta el hecho de que solamente se tuvieron en cuenta documentos asociados a Business, Management and Accounting, Economics, Econometrics and Finance, Psychology, and Social Sciences, lo que hace posible que no se hayan tenido en cuenta otros documentos relacionados con los adultos mayores desde otras áreas. Así mismo, otra importante limitación fue que la búsqueda de documentos solamente se hizo en Scopus, y aunque ésta es una base de datos aceptada y reconocida globalmente, algunas investigaciones importantes en el campo de estudio no indexadas en esta base se dejaron de consultar. También se debe resaltar que solamente se tuvieron en cuenta documentos escritos en inglés, excluyendo artículos publicados en otros idiomas. Por ello, se recomienda para futuras investigaciones asociadas con este tema, consultar diferentes bases de datos, otras áreas del conocimiento y diversos idiomas de escritura de los documentos.

Referencias

- Aaker, D. A. (1991). *Managing Brand Equity. Capitalizing on the value of a brand name*. New York: Free Press.
- Amado P., Vale Costa L., & Veloso A.I. (2019). Methods and Strategies for Involving Older Adults in Branding an Online Community: The miOne Case Study. In: Zhou J., Salvendy G. (eds) *Human Aspects of IT for the Aged Population. Social Media, Games and Assistive Environments*. HCII 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11593. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22015-0_1
- Arenas-Gaitán, J., Villarejo-Ramos, A.F., & Peral-Peral, B. (2019). A posteriori segmentation of elderly internet users: Applying PLS-POS. *Marketing Intelligence and Planning*, 38(3), 340-353. <https://doi.org/10.1108/MIP-01-2019-0057>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping análisis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 377-386. https://doi.org/10.1162/qss_a_00019
- Baker, J., Parasuraman, A., Grewal, D., & Voss, G.B. (2002). The influence of multiple store environment cues on perceived merchandise value and patronage intentions. *Journal of Marketing*, 66, 120-141. <https://doi.org/10.1509/jmkg.66.2.120.18470>
- Banco Mundial (2020). *Población de 65 años y más*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Benraiss-Noailles, L., & Viot, C. (2021). Employer brand equity effects on employees well-being and loyalty. *Journal of Business Research*, 126, 605-613. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.02.002>
- Bianchi, C. (2021). Exploring how internet services can enhance elderly well-being. *Journal of Services Marketing*, 35(5), 585-603. <https://doi.org/10.1108/JSM-05-2020-0177>
- Calantone, R.J., Cavusgil, S.T., & Zhao, Y. (2002). Learning orientation, firm innovation capability, and firm performance. *Industrial Marketing Management*, 31(6), 515-524.
- Carpenter, J.M., Moore, M., & Fairhurst, A.E. (2005). Consumer shopping value for retail brands. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 9(1), 43-53. <https://doi.org/10.1108/13612020510586398>
- Chaouali, W., & Souiden, N. (2019). The role of cognitive age in explaining mobile banking resistance among elderly people. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 50, 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.07.009>
- Cornwell, B., Laumann, E.O., & Schumm, L.P. (2008). The social connectedness of older adults: A national profile. *American Sociological Review*, 73(2), 185-203. <https://doi.org/10.1177/000312240807300201>
- Corrales-Reyes, I.E., Acosta-Batista, C., Reyes-Pérez, J.J., & Fornaris-Cedeño, Y. (2018). Análisis bibliométrico de MEDICC Review. Período 2010-2015. *Educación Médica*, 19, 325-334. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.04.015>
- Dash, G., Kiefer, K., & Paul, J. (2021). Marketing-to-Millennials: Marketing 4.0, customer satisfaction and purchase intention. *Journal of Business Research*, 122, 608-620. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.10.016>
- Forero, D.E. & Gómez, A. (2017). Comparison of measurement models based on expectations and perceived performance for the satisfaction study in health services. *Suma psicológica*, 24(2), 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.sumpsi.2017.06.002>
- Golnar-Nik, P., Farashi, S., & Safari, M. S. (2019). The application of EEG power for the prediction and interpretation of consumer decision-making: A neuromarketing study. *Physiology and behavior*, 207, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.04.025>
- Groepel-Klein, A., Helfgen, J., Spilski, A., & Schreiber, L. (2017). The impact of age stereotypes on elderly consumers' self-efficacy and cognitive performance. *Journal of Strategic Marketing*, 25(3), 211-225. <https://doi.org/10.1080/0965254X.2017.1299787>
- Guido, G., Pichierri, M., Pino, G., & Conoci, R. (2018). The segmentation of elderly consumers: A literature review. *Journal of Customer Behaviour*, 17(4), 257-278. <http://dx.doi.org/10.1362/147539218X15445233217805>

- Guido, G., Pichierri, M., Rizzo, C., Chieffi, V., & Moschis, G. (2020). Information processing by elderly consumers: a five-decade review. *Journal of Services Marketing*, 35(1), 14-28. <https://doi.org/10.1108/JSM-09-2019-0368>
- Halwani, L. (2019). Making sense of heritage luxury brands: consumer perceptions across different age groups. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 22(3), 301-324. <https://doi.org/10.1108/QMR-08-2017-0118>
- Henard, D.H., & Szymanski, D.M. (2001). Why some new products are more successful than others. *Journal of Marketing Research*, 38(3), 362-375. <https://doi.org/10.1509/jmkr.38.3.362.18861>
- Ho, B. Q. & Shirahada, K. (2020). Barriers to Elderly Consumers' Use of Support Services: Community Support in Japan's Super-Aged Society. *Journal of Nonprofit and Public Sector Marketing*, 32(3), 242-263. <https://doi.org/10.1080/10495142.2019.1589625>
- Hwang, J., & Lee, J. (2019). A strategy for enhancing senior tourists' well-being perception: Focusing on the experience economy. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 36(3), 314-329. <https://doi.org/10.1080/10548408.2018.1541776>
- Imm, S.I., Zhao, F., Lim, X.J., Basha, N.K., & Sambasivan, M. (2020). Retirement village buying intention: A case study on the Muslim and non-Muslim Malaysian elderly. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 32(7), 1451-1473. <https://doi.org/10.1108/APJML-05-2019-0295>
- Japutra, A., Kumar Roy, S., & Pham, T. A. (2021). Relating brand anxiety, brand hatred and obsess: Moderating role of age and brand affection. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60, 102465. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102465>
- Jia, H., Zhou, S., & Allaway, A.W. (2018). Understanding the evolution of consumer psychology research: A bibliometric and network analysis. *Journal of Consumer Behaviour*, 17(5), 491-502. <https://doi.org/10.1002/cb.1734>
- Keller, K.L. (2002). Branding and brand equity. In B. Weitz and R. Wensley (eds), *Handbook of Marketing*. London: Sage Publications, 151-178. <http://dx.doi.org/10.4135/9781848608283.n8>
- Keller, K.L. (2003). Brand synthesis: the multi-dimensionality of brand knowledge. *Journal of Consumer Research* 29, 595-600. <http://dx.doi.org/10.1086/346254>
- Kim, J.J., Nam, M., & Kim, I. (2019). The effect of trust on value on travel websites: enhancing well-being and word-of-mouth among the elderly. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 36(1), 76-89. <https://doi.org/10.1080/10548408.2018.1494086>
- Kim, Y.S., Lee, J., Moon, Y., Kim, K.J., Lee, K., Choi, J., & Han, S.H. (2018). Unmet healthcare needs of elderly people in Korea. *BMC geriatrics*, 18(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0786-3>
- Kohijoki, A.M. (2011). The effect of aging on consumer disadvantage in grocery retail services among the Finnish elderly. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 18(4), 370-377. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2011.04.003>
- Kotler, P. & Armstrong, G. (2003). *Fundamentos del marketing*. Educación Pearson.
- Kouropalatis, Y., Giudici, A., & Acar, O.A. (2019). Business capabilities for industrial firms: A bibliometric analysis of research diffusion and impact within and beyond Industrial Marketing Management. *Industrial Marketing Management*, 83, 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.11.012>

- Kumar, B., Sharma, A., Vatavwala, S., & Kumar, P. (2020). Digital mediation in business-to-business marketing: A bibliometric analysis. *Industrial Marketing Management*, 85, 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.10.002>
- Lacka, E., Chan, H.K., & Wang, X. (2020). Technological advancements and B2B international trade: A bibliometric analysis and review of industrial marketing research. *Industrial Marketing Management*, 88, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.04.007>
- Lambert-Pandraud, R., Laurent, G., & Lapersonne, E. (2005). Repeat purchasing of new automobiles by older consumers: empirical evidence and interpretations. *Journal of Marketing*, 69(2), 97-113. <https://doi.org/10.1509/jmkg.69.2.97.60757>
- Lambert-Pandraud, R., & Laurent, G. (2010). Why do older consumers buy older brands? The role of attachment and declining innovativeness. *Journal of Marketing*, 74(5), 104-121. <https://doi.org/10.1509/jmkg.74.5.104>
- López-Rodríguez, C.E., Poveda-Aguja, F.A., Beltrán-Bejarano, D.V., & Cárdenas-Calderón, L.F. (2020). Internationalization of Contact-Center Services: A Look to Colombian Organizations. In *European Conference on Knowledge Management* (pp. 484-XIX). Academic Conferences International Limited.
- López-Rodríguez, C.E., & Neme-Chaves, S.R. (2021). El employer branding en las organizaciones que internacionalizan servicios de operación logística en Bogotá Colombia. *Contaduría y Administración*, 66(2), 1-22. <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2021.2629>
- Luo, J., Dey, B.L., Yalkin, C., Sivarajah, U., Punjaisri, K., Huang, Y.A., & Yen, D. A. (2020). Millennial Chinese consumers' perceived destination brand value. *Journal of Business Research*, 116, 655-665. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.06.015>
- Marín, A., Gil, I., & Ruiz, M.E. (2020). ¿Contribuye la innovación a generar valor de marca y satisfacción en el cliente?: Evidencias en la gran distribución de alimentación. *Cuadernos de Gestión*, 20(3), 29-40. <https://doi.org/10.5295/cdg.191130am>
- McKelvey, K., & Halpern-Felsher, B. (2020). How and why California young adults are using different brands of pod-type electronic cigarettes in 2019: Implications for researchers and regulators. *Journal of Adolescent Health*, 67(1), 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.01.017>
- Meneely, L., Strugnell, C., & Burns, A. (2009). Elderly consumers and their food store experiences. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 16(6), 458-465. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2009.06.006>
- Meshram, K., & O'Cass, A. (2018). Senior citizens' perspective on the value offerings of third place via customer to customer (C-2-C) engagement. *Journal of Services Marketing*, 32(2), 175-194. <https://doi.org/10.1108/JSM-08-2014-0269>
- Moschis, G.P., & Burkhalter, J.N. (2007). Making ends meet: ¿How will the elderly manage their finances and post-retirement expenses? *Journal of Financial Services Marketing*, 12(3), 235-241. <https://doi.org/10.1057/palgrave.fsm.4760075>
- Moschis, G.P., & Ong, F.S. (2011). Religiosity and consumer behavior of older adults: A study of subcultural influences in Malaysia. *Journal of Consumer Behaviour*, 10(1), 8-17. <https://doi.org/10.1002/cb.342>

- Moschis, G.P., Ferguson, J.L., & Zhu, M. (2011). Mature consumers' selection of apparel and footwear brands and department stores. *International Journal of Retail and Distribution Management*, 39(10), 785-801. <https://doi.org/10.1108/09590551111162266>
- Mourao, P.R., & Martinho, V.D. (2020). Forest entrepreneurship: A bibliometric analysis and a discussion about the co-authorship networks of an emerging scientific field. *Journal of Cleaner Production*, 256(12), 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120413>
- Naciones Unidas (2020). *World Population Ageing 2019*. New York: Naciones Unidas.
- Neme-Chaves, S.R., & López-Rodríguez, C.E. (2021). Employer branding: una exploración del campo de conocimiento a partir de indicadores bibliométricos. *Suma de Negocios*, 12(26), 83-92. <http://doi.org/10.14349/sumneg/2021.V12.N26.A9>
- Neme-Chaves, S.R., & Rodríguez-González, L.Y. (2019). Un análisis bibliométrico del brand equity 1991-2018//A bibliometric analysis of brand equity 1991-2018. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 28, 364-380. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3298>
- Olson, E.M., Slater, S.F., & Hult, G.T. (2005). The performance implications of fit among business strategy, marketing organization structure, and strategic behavior. *Journal of Marketing*, 69(3), 49-65. <https://doi.org/10.1509/jmkg.69.3.49.66362>
- Ortegon-Cortazar, L. (2019). Role of the eco-natural environment as an alternative attractiveness factor in malls. *Management Research*, 17(2), 168-186. <https://doi.org/10.1108/MRJIAM-02-2018-0814>
- Orviz, N., Cuervo, T. & Arce, S., (2021). Revisión de la investigación científica en ISO 9001 e ISO 14001: un análisis bibliométrico. *Cuadernos de Gestión*, 21(1), 29-45. <https://doi.org/10.5295/cdg.191189no>
- Otero, M.C. & Giraldo, W. (2019). Antecedentes y consecuencias del valor de marca. Un estudio centrado en los consumidores jóvenes. *Suma de Negocios*, 10(23), 81-88. <https://doi.org/10.14349/sumneg/2019.V10.N23.A1>
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D. & Moher, D. (2021). Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 103-112. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.02.003>
- Pham, M. T. (2013). The seven sins of consumer psychology. *Journal of Consumer Psychology*, 23(4), 411-423. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcps.2013.07.004>
- Pal, J. (2017). Studying political communication on Twitter: the case for small data. *Current opinion in behavioral sciences*, 18, 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.09.009>
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy-A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*, 210, 200-216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357>
- Parida, V., Mostaghel, R., & Oghazi, P. (2016). Factors for elderly use of social media for health-related activities. *Psychology and Marketing*, 33(12), 1134-1141. <https://doi.org/10.1002/mar.20949>
- Phua, P., Kennedy, R., Trinh, G., Page, B., & Hartnett, N. (2020). Examining older consumers' loyalty towards older brands in grocery retailing. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52, 101893. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101893>

- Rajaobelina, L., Brun, I., Line, R., & Cloutier-Bilodeau, C. (2020). Not all elderly are the same: fostering trust through mobile banking service experience. *International Journal of Bank Marketing*, 39(1), 85-106. <https://doi.org/10.1108/IJBM-05-2020-0288>
- Saad, G. (2020). The marketing of evolutionary psychology. *Journal of Business Research*, 120, 485-491. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.03.048>
- Sandoval, M., Medina, I.F., Ávila, J.E., & Moreno, L. (2018). Aprendizaje de la marca: aproximaciones conceptuales desde la psicología del consumidor. *Suma de Negocios*, 9(20), 138-144. <http://dx.doi.org/10.14349/sumneg/2018.V9.N20.A8>
- Sethi, R., Smith, D.C., & Park, C. W. (2001). Cross-functional product development teams, creativity, and the innovativeness of new consumer products. *Journal of Marketing Research*, 38(1), 73-85. <https://doi.org/10.1509/jmkr.38.1.73.18833>
- Smith, R.B., Moschis, G.B., & Moore, R.L. (1987). Social Effects of advertising and personal communication on the elderly consumer. *Advances in Marketing and Public Policy*, 65-92.
- Solomon, M.R., White, K., Dahl, D.W., Zaichkowsky, J.L., & Polegato, R. (2017). *Consumer behavior: Buying, having, and being*. Boston, MA: Pearson.
- Swimberghe, K., Darrat, M.A., Beal, B.D., & Astakhova, M. (2018). Examining a psychological sense of brand community in elderly consumers. *Journal of Business Research*, 82, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.09.035>
- Teller, C., & Gittenberger, E. (2011). Patronage behaviour of elderly supermarket shoppers—antecedents and unobserved heterogeneity. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 21(5), 483-499. <https://doi.org/10.1080/09593969.2011.619701>
- Torres-Zamudio, M., González Castro, Y. & Manzano Durán, O. (2021). Methodological elements to design a city branding with the use of grounded theory. *Cuadernos de Gestión*, 21(1), 125-134. <https://doi.org/10.5295/cdg.191093mt>
- Ulaga, W., & Reinartz, W.J. (2011). Hybrid offerings: how manufacturing firms combine goods and services successfully. *Journal of Marketing*, 75(6), 5-23. <https://doi.org/10.1509/jm.09.0395>
- Uncles, M., & Lee, D. (2006). Brand purchasing by older consumers: An investigation using the Juster scale and the Dirichlet model. *Marketing letters*, 17(1), 17-29. <https://doi.org/10.1007/s11002-006-3756-z>
- UNESCO (2021). *Educación para la ciudadanía mundial*. París: UNESCO.
- Van der Zanden, L.D., Van Kleef, E., De Wijk, R.A., & Van Trijp, H.C. (2014). Understanding heterogeneity among elderly consumers: an evaluation of segmentation approaches in the functional food market. *Nutrition Research Reviews*, 27(1), 159-171. <https://doi.org/10.1017/S0954422414000092>
- Wang, K.C., Ma, A.P., Hsu, M.T., Jao, P.C., & Lin, C.W. (2013). Seniors' perceptions of service features on outbound group package tours. *Journal of Business Research*, 66(8), 1021-1027. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.12.026>
- Zhu, P., Wang, Z., Li, X., Liu, Y.H., & Zhu, X. (2020). Understanding promotion framing effect on purchase intention of elderly mobile app consumers. *Electronic Commerce Research and Applications*, 44, 101010. <https://doi.org/10.1016/j.eleap.2020.101010>



Criptomonedas y Blockchain en el ámbito financiero: un análisis de correlación

PATRICIO LOZANO, DAVID
Instituto de Estudios Cajasol (España)
Correo electrónico: davidpatriciolozano@gmail.com

RESUMEN

En este artículo realizamos un estudio acerca de uno de los temas más disruptivos en los últimos tiempos: las criptomonedas. Ya sea como una revolución en los métodos de pago, por ser un activo especulativo o por las particularidades de la tecnología en la que se soporta, las criptomonedas cada vez están generando un mayor impacto en nuestras vidas, especialmente, en el mundo de las finanzas.

El principal objetivo que nos planteamos es adentrarnos en el conocimiento de las criptomonedas y la tecnología que las sostiene, de manera que nos permita tener una idea clara de las consecuencias de su aparición no solo en el ámbito financiero, sino también en la economía en general.

Si realizamos una aproximación a estas criptomonedas y a la tecnología blockchain, podremos conocer las ventajas de su utilización, así como de las desventajas de su existencia, lo que nos permitirá tener conciencia del papel que puede desempeñar esta tecnología en el presente, a corto y largo plazo, especialmente en el ámbito empresarial.

Tras este análisis de los orígenes del Bitcoin y su evolución, estudiamos su correlación con varios activos e índices: Ethereum (segunda criptomoneda con mayor valor), oro (commodity considerada como valor refugio), S&P500 (índice más representativo del mercado estadounidense) y el MSCI World Index (índice más representativo a nivel global), explicando brevemente cada uno de estos activos, para finalmente analizar su correlación con el Bitcoin desde el año del que disponemos datos de cada uno.

Palabras clave: criptomonedas; blockchain; bitcoin.

Clasificación JEL: M15, O16, G10.

MSC2010: 62.

Cryptocurrencies and Blockchain in the financial field: a correlation analysis

ABSTRACT

In this article, we carry out a study about one of the most disruptive topics in recent times: cryptocurrencies. Whether as a revolution in payment methods, because it is a speculative asset or because of the particularities of the technology on which it is supported, cryptocurrencies are generating a greater impact on our lives, especially in the world of finance.

The main objective that we set ourselves is to delve into the knowledge of cryptocurrencies and the technology that supports them, in a way that allows us to have a clear idea of the consequences that their appearance has not only in the financial field, but also in the economy in general.

If we make an approximation to these cryptocurrencies and blockchain technology, we will be able to be aware of the advantages of their use, as well as the disadvantages of their existence, which will allow us to be aware of the role that this technology can play in the present, in the short term and long term, especially in the business field.

After this analysis of the origins of Bitcoin and its evolution, we study its correlation with several assets and indices: Ethereum (second cryptocurrency with the highest value), gold (commodity considered as a refuge value), S&P500 (the most representative index of the US market) and the MSCI World Index (most representative global index), briefly explaining each of these assets, to finally analyze their correlation with Bitcoin from the year for which we have data for each one.

Keywords: cryptocurrencies; blockchain; bitcoin.

JEL classification: M15, O16, G10.

MSC2010: 62.



1. Introducción

Hoy en día es difícil encontrar a una persona que nunca haya oído o leído el término criptomoneda y probablemente, aquellas que conozcan el término, lo primero que les viene a la cabeza es la palabra Bitcoin. En un mundo tan globalizado y cada vez más dependiente de las nuevas tecnologías, los hábitos están cambiando en las personas y una de las áreas que más está evolucionando son las finanzas. En este trabajo nos centramos principalmente en las formas de pago y la tecnología que se esconde detrás de estas nuevas herramientas y medios que están revolucionando los mercados financieros.

Empresas de renombre como Paypal, Visa, Starbucks y Tesla han comenzado a introducir las criptomonedas como medio de pago de sus productos mediante monederos de criptodivisas.

Asimismo, en la actualidad ya no solo podemos enumerar ejemplos como los anteriores de empresas que aceptan el pago con criptomonedas, sino que por ejemplo en 2021 se está extendiendo tanto que incluso equipos de la NBA como Sacramento Kings han ofrecido a sus jugadores cobrar sus salarios en Bitcoin (Brett, 2021).

El objetivo que nos planteamos es analizar desde diferentes perspectivas el impacto de las criptomonedas en los últimos años. Para ello, en primer lugar, definimos qué son las criptomonedas, considerándolas como un medio monetario virtual, que cumple cualquier función de una divisa bajo un sistema de criptografía. Posteriormente recogemos algunas de sus principales ventajas y desventajas.

En segundo lugar, estudiamos la tecnología que hace posible que funcionen, la tecnología Blockchain, una base de datos descentralizada y organizada en bloques, que utiliza la criptografía para proteger las transacciones y que no se vean alteradas. Lo que comenzó como una base de datos para proporcionar el correcto funcionamiento de las criptomonedas, se ha ido desarrollando, siendo cada vez más habitual ver cómo las empresas implantan esta tecnología en su día a día.

Es por ello que en este estudio incorporamos una sección en la que vemos cómo algunas de las principales firmas de servicios profesionales (las Big Four) valoran esta tecnología, llegando alguna a incorporarla como una línea de negocio a través de la que apoyan y asesoran a otras compañías en la integración de la Blockchain en sus procesos y estrategias. Estas empresas usan esta tecnología como herramienta de mejora en los servicios de auditoría y consultoría, consiguiendo potenciar procesos en diversos sectores, desde el de las telecomunicaciones al agilizar operaciones internas, hasta el retail, proporcionando información de mayor calidad a los clientes.

Una vez analizamos brevemente el recorrido del Bitcoin, que es el principal referente de las criptomonedas, nos centramos en los principales motivos que han provocado que esta criptomoneda llegase a sus máximos históricos un año después de que estallase la pandemia y un gran desplome a las pocas semanas.

Asimismo, estudiamos su correlación con varios activos e índices, explicando brevemente cada uno de estos activos, para finalmente analizar su correlación con el Bitcoin.

Para llevar a cabo esta investigación, utilizamos un método deductivo de investigación, ya que vamos a partir de la teoría general existente en relación con las criptomonedas y la tecnología blockchain, para extraer conclusiones. En cuanto a la naturaleza de los datos con los que vamos a trabajar, son tanto de tipo cualitativo (al realizar un análisis subjetivo e individual, tras la observación de diferentes casos) como cuantitativo (cuando utilizamos un análisis estadístico que nos permite realizar un análisis objetivo de la cuestión).

Asimismo, si tenemos en cuenta el tiempo en que se efectúa, la investigación que realizamos es diacrónica ya que estudiamos hechos que ocurren en un amplio periodo de tiempo, al analizar el tema de estudio desde la aparición de estas tecnologías y tras ellos extraemos conclusiones acerca de su evolución futura.

En cuanto a la recogida de la información, destacamos la revisión documental tanto de artículos de investigación como de diferentes páginas web, blogs, noticias en diferentes medios y entrevistas, lo que nos ha permitido tener una visión completa y actualizada de las criptomonedas, cuya aparición en escena es relativamente reciente.

Consideramos que la combinación de una metodología mixta, cualitativa y cuantitativa, permite mejorar los resultados de la investigación, así como el entendimiento de los mismos (Balbastre & Ugalde, 2013).

Teniendo esto en cuenta, el trabajo se estructura como sigue. En primer lugar, definimos estos activos y analizamos la tecnología que hay detrás de ellos, conocida como Blockchain. Tras ello, abordamos la tecnología Blockchain, en cuanto a su uso tanto en el campo de las criptomonedas, como sus diversas aplicaciones fuera de este ámbito. En el siguiente epígrafe, recopilamos la opinión de algunas de las empresas más importantes en el sector servicios acerca de las criptomonedas y la tecnología Blockchain. Por último, nos centramos más en las criptomonedas, especialmente en el Bitcoin, estudiando su comportamiento y viendo su evolución en los mercados financieros frente a otros activos e índices. Y finalmente, exponemos las conclusiones.

2. Las criptomonedas

A día de hoy siguen existiendo controversias acerca de la definición de las criptomonedas. Para organismos como la Autoridad Bancaria Europea (EBA) o el Banco Central Europeo, las criptomonedas no se pueden considerar como un tipo de moneda, sino que simplemente funcionan como un medio de pago (Directiva 2014/62/UE, 15 de mayo de 2014). Una criptomoneda no puede considerarse como billete, moneda o derecho a recibir billetes o monedas.

Es por ello importante entender qué es una criptomoneda y en qué se diferencia del dinero que todos conocemos. Según López et al. (2018), cuando hablamos de dinero podemos distinguir tres categorías: monedas, billetes y dinero digital o criptomonedas, y dentro de las criptomonedas podemos diferenciar entre criptomoneda centralizada y descentralizada. Cuando una moneda está centralizada, entendemos que hay un intermediario de confianza, como podría ser un Banco Central, gobierno o banco comercial. Algunos ejemplos de este tipo son las tarjetas de crédito o el dinero de monederos electrónicos.

Por otro lado, las criptomonedas descentralizadas son las que no cuentan con este respaldo y en esta categoría agrupamos monedas como el Bitcoin, Ethereum, Ripple o Cardano. Esta última categoría cuenta actualmente con casi 9.000 tipos distintos y solo el Bitcoin ya posee una capitalización de mercado superior a un trillón de dólares (Coinmarketcap, 2021), es decir, superior a un billón de euros.

En este trabajo nos referiremos a las criptomonedas descentralizadas cada vez que hagamos mención al término criptomoneda. Una vez conocida la distinción entre ambos tipos, podemos definir la descentralizada como un medio monetario virtual, que cumple cualquier función de una divisa bajo un sistema de criptografía y sin ningún control por parte de autoridades económicas y gubernamentales (García, 2018).

Este sistema de criptografía es un mecanismo de codificación que permite garantizar la seguridad de las transacciones a través de diversas tecnologías y algoritmos que hacen imposible su lectura a terceras partes no autorizadas, consiguiendo así la deseada confidencialidad (Barroilhet, 2019).

Asimismo, también debemos diferenciar entre dinero electrónico y monedas virtuales. Como ya hemos visto, las criptomonedas descentralizadas no tienen ningún tipo de respaldo, por lo que se consideran un producto de intercambio para conseguir otros bienes o servicios pero que no poseen

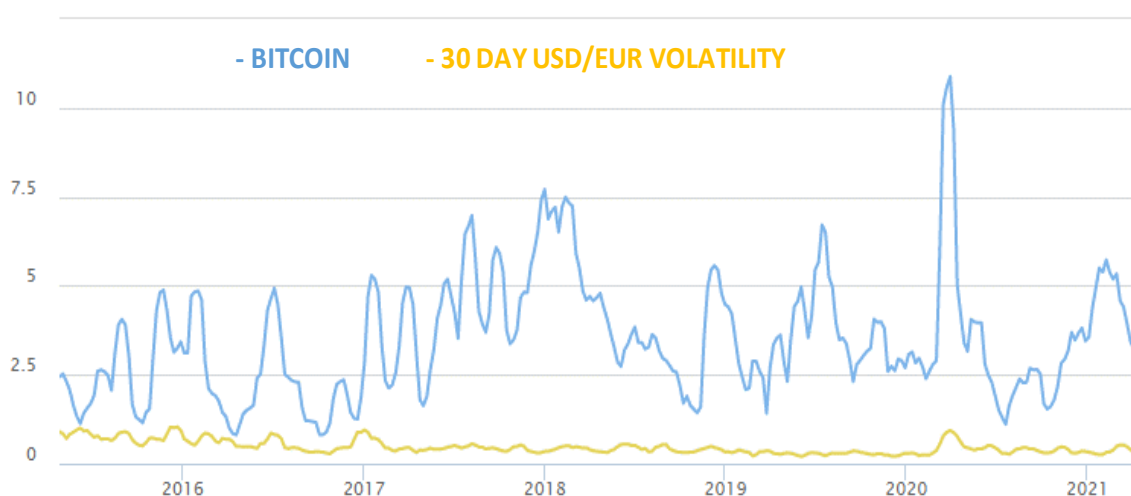
ninguna validez legal y que, al estar descentralizada, nadie garantiza su valor (Grupo de Acción Financiera de la Unión Europea, 2014).

Por otro lado, cuando nos referimos a dinero electrónico consideramos cualquier valor monetario almacenado digitalmente para ser utilizado como medio de pago o reserva de valor. De manera abreviada podemos decir que es la versión digital del dinero físico.

El emprendedor Andreas Antonopoulos (2017) afirma que no podemos considerar a las criptomonedas solamente por su función de monedas virtuales, ya que sería lo mismo que decir que el único uso de internet es utilizar el correo electrónico. Además del valor que genera la seguridad mencionada, las criptomonedas no necesitan intermediarios por lo que se consigue con ellas un ahorro en costes y tiempo.

Todo ello se traduce en que los pagos en criptomonedas o su uso como instrumento de inversión cada vez son más comunes en las empresas. Según Pérez (2019), existen tres motivos por el que una empresa adquiere criptomonedas: como instrumento de intercambio en operaciones de compra-venta (medio de pago), como actividad principal de la empresa (ejemplos: HasCash Consultores, Idealogic, Solulab, Labrys...) o como instrumento de inversión, considerado de alto riesgo debido a su elevada volatilidad. En el siguiente gráfico vemos una comparación de la principal criptomoneda frente al tipo de cambio dólar/euro. En el eje de ordenadas del siguiente gráfico aparece la desviación estándar de los rendimientos diarios.

Gráfico 1. Volatilidad del Bitcoin frente al USD/EUR.



Fuente: Elaboración propia a partir de buybitcoinworldwide.com.

Uno de los principales aspectos que dificulta el tratamiento de las criptomonedas es la descentralización que las caracteriza, lo que hace que no estén respaldadas o controladas por ninguna institución o gobierno.

Este concepto, junto al de que las criptomonedas como elemento especulativo poseen un alto riesgo, lo recuerdan la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV) junto al Banco de España en un comunicado conjunto (Banco de España & CNMV, 2021), advertencia que también realizaron en 2018. En esta declaración llegan a afirmar que son productos poco adecuados para pequeños ahorradores ya que, debido a su riesgo, pueden perder fácilmente la totalidad de su inversión. Por ello es importante conocer los puntos fuertes y débiles de las criptomonedas.

2.1. Ventajas y desventajas de las criptomonedas

Las principales ventajas (Azuara et al., 2018; Fernández, 2018) son:

1. Libre acceso. Posibilidad de utilizar estos activos desde cualquier lugar del mundo, con el único requisito de poder conectarse a internet.
2. Descentralización. Tal y como comentamos anteriormente, no está controlada por ningún banco, gobierno o entidad, lo que le otorga mayor protección ante cualquier ataque, debido a que los datos de todos los usuarios están repartidos en diferentes nodos a través de toda la red.
3. Dificilmente falsificable, gracias a la tecnología que utiliza. La criptografía es una de sus principales fuentes de protección.
4. Bajos costes. Mucho menores que los que soportaban hasta la fecha cualquier tipo de transacción, principalmente por la eliminación de intermediarios.
5. Anonimato. Protección de identidad a la hora de realizar transacciones.
6. Rapidez. También relacionado con la eliminación de intermediarios, nos otorga mayor rapidez al realizar transacciones.
7. Transparencia. Todas las transacciones realizadas en estas redes quedan registradas en Blockchain, en su llamado libro mayor, un libro inmutable y protegido por procesos criptográficos al que podemos acudir para averiguar los movimientos de cualquier moneda, contrato o acto efectuado con esta tecnología.
8. Seguridad. Gracias a la tecnología que se esconde detrás de las criptomonedas, toda la información de las transacciones, quedan registradas en un historial, almacenado de manera inmutable en cientos de ordenadores, haciendo casi imposible la intervención de agentes maliciosos externos.

En cuanto a sus principales desventajas (Grupo de Acción Financiera de la Unión Europea, 2014; Torres, 2015; Azuara et al., 2018), destacamos las siguientes:

1. No tienen respaldo. Lo que consideramos como una ventaja en el apartado anterior, a través de la descentralización, también podemos entenderlo como un aspecto negativo, al no contar con un depósito de valor que las respalde, ni tener emisores legales que respondan ante ellas.
2. Aceptación. Actualmente existen muchos países con restricciones ante el uso de estos activos como China.
3. Volatilidad. Su alta volatilidad es una de las características que hace que las criptomonedas contengan un mayor riesgo en comparación con otras opciones de inversión.
4. Actividades ilícitas. Debido a la anonimidad que poseen, permite a los usuarios ciertas facilidades a la hora de llevar a cabo actividades ilícitas y delictivas, como el blanqueo de dinero o la venta de armas.

Tras conocer qué es una criptomoneda y sus principales ventajas y desventajas, el siguiente paso consiste en entender cómo funciona la tecnología que hay detrás, la “cadena de bloques”, más conocida por su término en inglés, “blockchain”.

3. Blockchain

3.1. Definición y componentes

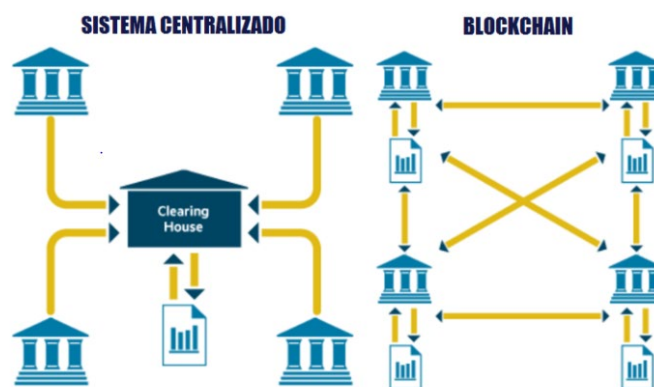
Según Preukschat et al. (2017), la blockchain se puede definir como una base de datos descentralizada y organizada en bloques, que utiliza la criptografía para proteger las transacciones y que no se vean alteradas.

El uso de esta tecnología comenzó en 2009, como pilar fundamental del auge del Bitcoin. Con el paso del tiempo la blockchain se ha ido extendiendo por todo tipo de industrias y actividades, no solo como soporte para las criptomonedas (Bartolomé et al., 2017).

La tecnología blockchain puede resultar un poco compleja, por lo que hay que entender, en primer lugar, varios conceptos básicos que según Preukschat et al. (2017) son los siguientes:

- Nodo (red de ordenadores): según la dificultad de donde opere puede ser un ordenador corriente o una megacomputadora. Para comunicarse entre ellos necesitan tener un mismo protocolo para poder formar parte de uno de los tres tipos de red blockchain.
- Protocolo estándar: software informático que permite a los nodos interactuar entre ellos. Estos protocolos son necesarios en muchos ámbitos de internet. Por ejemplo, para enviar correos electrónicos se utiliza uno conocido como SMTP.
- Peer to peer o P2P: red de nodos conectados entre sí.
- Sistema descentralizado: es el mismo concepto comentado anteriormente con las criptomonedas. Este sistema no está controlado por un único ente, sino que son los componentes de los nodos los que estabilizan el sistema.

Figura 1. Sistema centralizado vs descentralizado.



Fuente: smdigital.com

Con todos estos elementos agrupados conseguimos la definición de la tecnología blockchain: familias de ordenadores agrupados en nodos que a través de protocolo manejan información registrada en una red entre pares (P2P). Así se protegen los datos y transacciones de los usuarios gracias a las matemáticas empleadas por los algoritmos criptográficos (Chuen & Deng, 2017).

Para entender el funcionamiento blockchain necesitamos conocer además las siguientes definiciones (Yahari, 2017):

- Bloques: las transacciones que circulan por la blockchain son agrupadas en bloques, para ser verificadas por los “mineros” y unirse así a la cadena para poder ser validadas y repartidas por la red. De ahí viene que el nombre de esta tecnología sea el de cadena de bloques.

Estos bloques, además de la información que contienen, están formados por dos códigos alfanuméricos para poder enlazarse con el bloque anterior y posterior de la cadena. Un ejemplo podría ser: 4K25t1WpLP22CNmQldkaiJYswrnqGyHte.

- Hash: es el elemento que hace único al bloque. El hash para el bloque sería lo mismo que el ADN para el ser humano.
- Mineros: son los ordenadores responsables de adherir los bloques a la cadena.

El proceso de minar consiste en crear una nueva moneda (en el caso de las criptomonedas) tras resolver algoritmos matemáticos para validar el bloque y adherirlo a la cadena. El proceso es como una competición para ver quién lo consigue primero, ya que éste recibe una recompensa (tokens), en forma de moneda o activos digitales.

3.2. Redes de Blockchain

Existen tres tipos de redes de blockchain:

3.2.1. Redes Públicas

Preukschat et al. (2017) las distinguen como las primeras redes creadas y se caracterizan por ser:

- Públicas: todo el mundo puede consultar los intercambios de información y transacciones.
- Abiertas: cualquier persona puede mirar y convertirse en partícipe del proceso.
- Descentralizadas, pues nadie tiene más poder que el resto.
- Pseudoanónimas. Solo algunas redes públicas pueden ser específicamente diseñadas para ser anónimas. La pérdida de anonimato no es sobre el usuario, sino por la rastreabilidad de su dirección al ser pública.

Al hablar de redes públicas, encontramos otro elemento importante: los tokens. Las transacciones que se realizan, son registradas en un libro mayor, como si se tratase de una especie de contabilidad. Un token es un código que permiten registrar los bloques y cadenas con las transacciones. Este token funciona como una ficha y representa un derecho o valor canjeable a través de la criptografía. Por lo tanto, en las redes públicas estos tokens funcionan como los identificadores de cada transacción.

3.2.2. Redes Privadas

Uno de los principales motivos de la creación de estas redes fue por la demanda del sector financiero, al ver el potencial que tenía esta tecnología en su uso como gestión de base de datos y auditoría, al proteger su confidencialidad en las bases de datos compartidas (Cámara, 2018). Estas redes son:

- Privadas. La información está limitada a determinados usuarios que posean acceso a la red.
- Cerradas. Existen varios niveles de privacidad establecidos por un protocolo, por lo que cada usuario que tenga acceso tendrá distintas posibilidades de participación. Así, algunos podrán consultar transacciones, pero no registrarlas, mientras que otros tendrán libertad para involucrarse en todas las actividades.

- Distribuidas. A diferencia de las públicas, aquí los usuarios se comprometen a mantener activos el número de nodos necesarios para proteger la red, ya que la protección de una red depende del número de nodos.
- Anónimas. Existen diferentes niveles de protección de la identidad del usuario y las transacciones.

Otra forma que se conoce para denominar a las redes privadas de blockchain, es la de redes con permiso ya que, aunque tienen un código público, necesitas ser invitado para participar en ella. En definitiva, una red privada es mucho más centralizada que las públicas.

3.2.3. Consorcios

Este tipo de red es el menos común y reúne características de la pública y la privada. Según Parrondo (2017), se consideran parcialmente descentralizadas, ya que el proceso del consenso es estipulado por determinados nodos, al igual que la validación de los bloques.

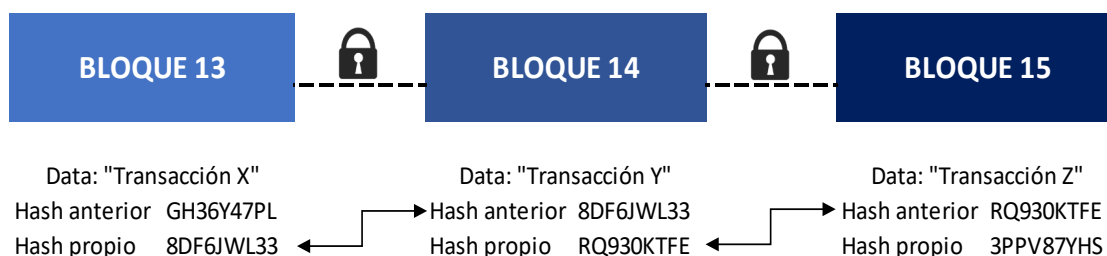
Para entenderlo mejor, Abanca Innova (2019), muestra un ejemplo de cómo esta red es utilizada en el sector bancario. Si varias instituciones financieras formasen un consorcio, en el que cada una de ellas represente un nodo, para validar una transacción debe ser aprobado por el 75% de los nodos. Esto hace que la centralización y el poder resida en un grupo. Así comparten cierto matiz de ser público, pero a su vez solo pueden participar ciertos usuarios, lo que hace que comparta características de la red privada.

3.3. Funcionamiento

Según Bartolomé et al. (2017), podemos definir el proceso de una transacción a través de una red blockchain de la siguiente forma:

1. Se ejecuta una transacción, que se comunica por todos los nodos de una red. Esos nodos serán los encargados de verificarla para posteriormente incorporarla a un bloque.
2. Dicho bloque será distinguido a través de un hash, utilizando la criptografía para referenciarlo con el bloque anterior y poder encadenarlo. Esto quiere decir que el nuevo hash tiene un componente del hash previo para que puedan estar interconectados. Así comienza a formarse el “ledger”, lo que en español sería un libro donde se recogen las transacciones, como si se tratase de un sistema contable.

Figura 2. Esquema de unión de bloques a través de hash.



Fuente: Elaboración propia.

3. Para añadir cada bloque a la cadena tienen que ser minados por los usuarios. Este proceso sirve para calcular el hash, resolviendo complejos problemas matemáticos. La dificultad de estos problemas crece a la par de la cantidad o potencia de los nodos.
4. Llegados a este punto, la información del bloque queda almacenada en cada ordenador o usuario y es sincronizada cada cierto tiempo, haciendo posible que los usuarios compartan la misma versión de la base de datos (Castello, 2016).
5. La información ya está protegida y no puede ser eliminada ni alterada. Los usuarios pueden visualizarla y certificarla, consiguiendo así un sistema de retroalimentación que no depende de ningún tipo de centralización. Esto es posible gracias al concepto del P2P.

Esta característica de inmutabilidad, que hace prácticamente imposible alterar la información verificada, es lo que se conoce como “Proof of Work (PoW)” o prueba de trabajo. Esta prueba de trabajo es lo que aglutina todo el proceso de la incorporación de bloques a la red blockchain y con todo lo expuesto hasta ahora podemos resumirla de la siguiente forma (Dolader et al., 2017):

- Resolución del problema matemático para obtener un nuevo bloque.
- Esperar la verificación y consenso de la red para que el bloque forme parte de la cadena.
- Recibir la recompensa correspondiente.

3.4. Aplicaciones de la blockchain

Hasta ahora hemos analizado la tecnología blockchain orientada especialmente a las criptomonedas, ya que la disrupción de esta tecnología comenzó en 2009 con el crecimiento del Bitcoin. Hoy en día cada vez estamos viendo nuevos usos que implementan estas tecnologías en diversos sectores, especialmente en el financiero y el educativo. En este apartado veremos otras aplicaciones y algunos ejemplos de cómo diferentes empresas y organismos tratan de implementar la blockchain en sus procesos.

Según Dolader et al. (2017), éstas son algunas de las otras funcionalidades de la tecnología blockchain:

1. Sistema de distribución de firmware. Este aspecto lo relacionamos con el concepto de Internet de las Cosas (IdC). Este término se usa como idea de que, en la actualidad, cada vez son más los objetos cotidianos que están interconectados a internet (Alcaraz, 2014), desde una lavadora hasta nuestro coche. Uno de los grandes problemas a resolver en este ámbito es la seguridad y ahí entra en juego la aplicación de la blockchain ya que esta tecnología viene a resolver problemas para el consumidor y el fabricante.

Por un lado, el principal problema para la empresa que lo fabrica es el coste que le supone estar actualizando de manera permanente los distintos dispositivos que agrupamos en la categoría IdC. Utilizando redes blockchain estos costes podrían reducirse drásticamente aprovechando el sistema de redes, de manera que todo estuviera interconectado de forma fiable y autónoma. Serían los objetos o dispositivos los que cada cierto tiempo se conectarían a los diferentes nodos de la red para consultar si el firmware que poseen está actualizado. Posteriormente, si precisan de una actualización, a través de los distintos nodos, podrían los dispositivos actualizarse.

Respecto al consumidor, el principal problema es la inseguridad que transmite que sus dispositivos puedan estar en continua comunicación con sus fabricantes, pues genera desconfianza. Gracias a la implementación de un sistema transparente y seguro como el de la blockchain, este problema podría solventarse en gran medida, al generar más confianza en el consumidor.

2. Mercado de servicios entre dispositivos. Esta aplicación podríamos enfocarla especialmente en el sector energético. Si una central nuclear produce energía las 24 horas del día, mientras que una célula fotovoltaica solo genera energía en las horas de sol, esto provoca que el precio fluctúe según la demanda en cada momento del día, habiendo momentos mucho más intensivos que otros. La idea es conectar estos dispositivos a una red blockchain, de manera que, con el supuesto de utilizar bancos de batería, pudiésemos comprar la energía en los momentos que se encuentre a menor precio para luego venderla en los picos de mayor demanda y, por tanto, más cara.

Tanto empresas buscando una rentabilidad, como particulares tratando de reducir sus facturas, podrían realizar el proceso anterior de manera segura y transparente con las redes blockchain. Aunque ya existen empresas que practican esta idea de la compra y venta de energía, a través de la blockchain conseguirían reducir sus costes (Dolander et al., 2017).

3. Seguimiento de pedidos. Por lo general, se requiere de varias empresas a la hora de realizar un envío, sobre todo en los envíos internacionales. En muchas ocasiones ocurren extravíos, fraudes, pérdidas, etc.

La aplicación de la tecnología blockchain en este ámbito podría ser una solución para ahorrar costes y simplificar procesos al facilitar una red compartida por los diferentes intermediarios, emisores y receptores.

4. Sustituto de patentes. Gracias a la característica de inmutabilidad de la blockchain, podemos usar esta tecnología como garantía de que cualquier información registrada no puede ser alterada o copiada, eliminando un intermediario como podría ser una oficina de patentes y, por tanto, ahorrando costes.
5. Protección en Big Data. La tecnología blockchain se apoya de la del Big Data para aumentar su seguridad a través de la identificación de los nodos (Reid & Harrigan, 2013). La vulnerabilidad del Big Data reside en múltiples factores debido al manejo de los datos, desde un mal uso por parte de un trabajador hasta un fallo en su almacenamiento. Con la implementación de la blockchain podemos añadir seguridad, veracidad, entorno transparente..., algo que ya han puesto en marcha empresas como Google, NHS y DeepMind (Van Rijmenam, 2019).
6. Smart contracts. Echebarría (2017) los define como un acuerdo entre dos o más partes que a diferencia del sistema tradicional, se forma a través de códigos informáticos (scripts), por lo que lo denomina como “contratos electrónicos”. Este concepto usa como base la tecnología Blockchain para beneficiarse de sus características, ya que gracias a la Blockchain no se necesita de un ente intermedio que haga validar o verificar lo estipulado en el contrato, con lo que se reduce este coste.

El mecanismo es el siguiente:

- Se formaliza un acuerdo entre dos o más partes.
- El contrato queda transcrito en formato electrónico.
- Se fijan procedimientos de actuación para que cada acción tenga una consecuencia. Por ejemplo: se entrega una mercancía antes de un plazo determinado y como consecuencia se libera el pago del emisor.
- La tecnología blockchain asegura el cumplimiento del contrato.
- Todo funciona como un mecanismo automático gracias al lenguaje de la programación.

Las funcionalidades de los Smart contracts pueden ser muy diversas. Desde muy sencillas, como votar en una encuesta o más complejas, como ejecutar una opción call o bloquear los fondos de un prestatario si no cumple con los plazos.

Actualmente se están estudiando métodos para poder implementar la blockchain junto con los Smart contracts en sectores como el mercado inmobiliario, el sector jurídico y las casas de apuestas (Solera, 2020).

Cabe destacar que esta funcionalidad de la tecnología blockchain como son los Smart contracts, se considera como una de las características que hacen cada vez más atractiva la red de Ethereum por delante de la de Bitcoin. En el último apartado de este trabajo, veremos más detalles acerca de Ethereum, así como su comparación con el Bitcoin, al ser ambos los principales referentes de criptomonedas en la actualidad.

4. Blockchain como herramienta en las Big Four

El término Big Four se usa para referirnos a las cuatro empresas de contabilidad y servicios profesionales más conocidas a nivel mundial porque poseen mayor cuota de mercado, volumen de negocio y prestigio en servicios de consultoría, asesoría y auditoría. Prueba de ello es que prácticamente el 100% de las empresas del S&P500, son auditadas por alguna Big Four (CFA Institute, 2018). Lo mismo ocurre en el IBEX35.

Las cuatro empresas son Klynveld Peat Marwick Goerdeler (KPMG), Ernst & Young (EY), Deloitte y PricewaterhouseCoopers (PWC). A continuación, vamos a comentar brevemente su relación con el uso de la Blockchain.

KPMG

Esta empresa considera imprescindible el uso de nuevas tecnologías en los procesos de auditoría, de manera que los auditores cuenten con nuevas herramientas y aprovechen estas nuevas tecnologías para facilitar sus tareas y asegurar que se realice de forma válida y segura (Cortés, 2021).

Según KPMG (2018), los principales sectores que pueden verse beneficiados con la implementación de la blockchain son: telecomunicaciones (agilizar operaciones internas como la transacción de activos digitales o los procesos de facturación), salud y farmacéutico (mejora en los registros médicos y facilidad para los pacientes en obtener recetas), bancario (conectar en los mercados derivados, compradores y vendedores, y que el flujo de información se actualiza de manera constante), medios de comunicación (gestión de riesgos como los que pueden ocasionarse por uso indebido de derechos de autor y uso de Smart contracts para facilitar los pagos de entradas de eventos, así como su localización, rastreo, etc.), retail (permitir a los clientes rastrear la procedencia de cada producto, cómo conservarlo o prepararlo...) y automovilístico (apoyo en la gestión de inventarios, rastreo de componentes y seguridad para los compradores sobre el estado y procedencia del vehículo).

Desde 2019, KPMG Blockchain Services professionals ofrece asesoramiento y apoyo para integrar la tecnología blockchain en los negocios. Este servicio incluye estrategia de realización, integración de las operaciones y sistemas, gestión de datos como apoyo en las plataformas de auditorías e impuestos.

Ernst & Young

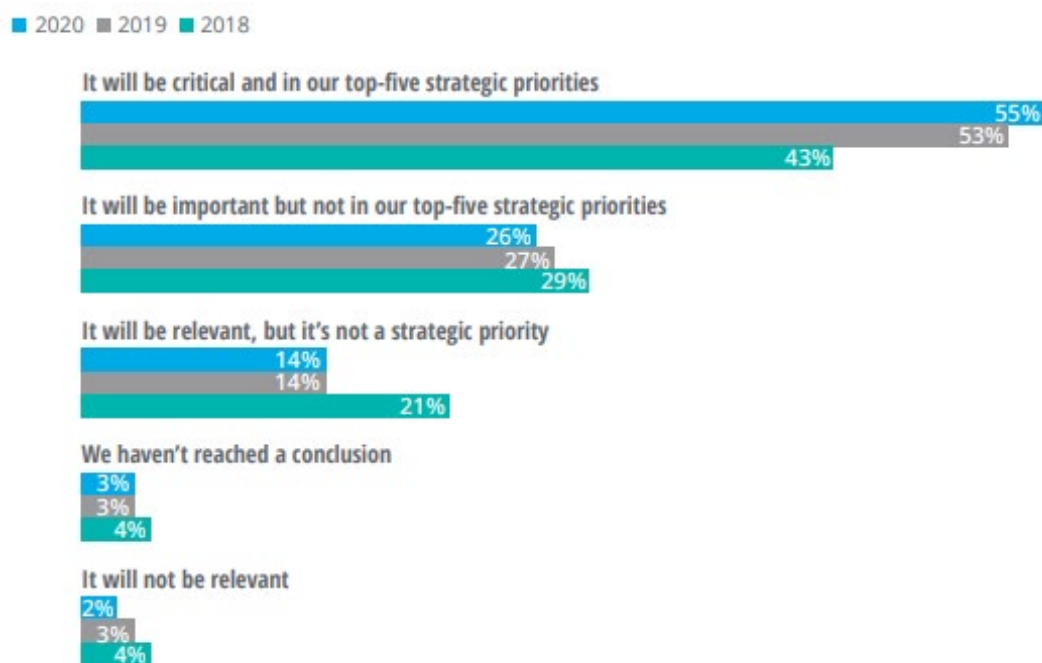
Esta Big Four ha desarrollado una plataforma de blockchain en la que ofrecen los siguientes servicios (Brody, 2019):

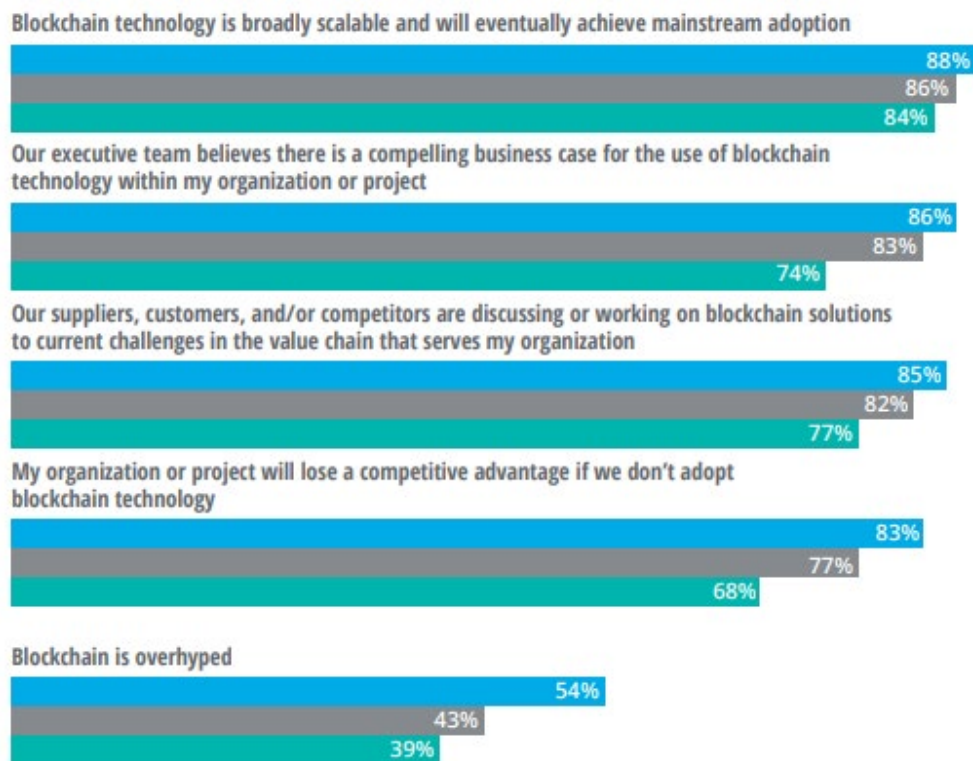
- EY OpsChain Network Procurement. Creación de una red de socios comerciales de manera segura.
- EY Blockchain Analyzer: Explorer & Visualizer. Acceso a una red donde visualizar y analizar conjuntos de datos.
- EY Blockchain Analyzer: Smart Contract & Token Review. A través de esta herramienta ofrecen un servicio para incrementar la confianza en las transacciones basadas en blockchain.
- EY Blockchain Analyzer: Tax calculator. Esta herramienta web se utiliza principalmente en Estados Unidos ya que está diseñada para poder subir transacciones a una red y posteriormente poder descargar el Form 8949 ("Sales and Other Dispositions of Capital Assets"), documento para calcular los impuestos de las ganancias de capital derivadas de otros tipos de activos como las criptomonedas. Todo esto resulta de gran utilidad en los procesos de auditoría (Brody & Farrell, 2020).

Deloitte

Esta empresa considera relevante el impacto en las funciones de auditorías financieras porque con la tecnología blockchain se puede conseguir que las auditorías se realicen sobre una población completa de transacciones y no solo sobre una muestra, como se hace hasta ahora. Además, podrían realizarse de manera recurrente, consiguiendo un procedimiento mucho más fácil y práctico, en lugar de hacerlo de manera anual durante un breve período, como se realiza actualmente (Deloitte, 2018).

Figura 3. Consideración de la blockchain en la estrategia empresarial.





Fuente: Deloitte's Global Blockchain Survey 2018, 2019 y 2020.

Todo esto combinado con los Smart contracts, conlleva un gran apoyo para las gestiones diarias de la empresa, así como para funciones de auditoría interna, controlar los pagos de manera eficiente, optimizar la gestión de inventarios y reducir el número de errores y fraudes.

Esta empresa desde 2018 realiza una encuesta anual en la que se recoge la opinión de más de mil ejecutivos de todas partes del mundo, con un amplio conocimiento sobre la tecnología blockchain, activos digitales y DLT (Distributed Ledger Technologies). En la Figura 3 podemos ver cómo con el paso del tiempo va aumentando la importancia que le prestan los encuestados a la tecnología blockchain, al considerar que no implementar esta tecnología supone la pérdida de una ventaja competitiva.

Deloitte señala, al igual que el resto de Big Four, aplicaciones de la blockchain en muchos sectores como el retail, bancario o el sanitario, al tiempo que la considera de interés en las finanzas del sector público.

PricewaterhouseCoopers

Fue la primera de las Big Four en apostar por la tecnología blockchain y el uso de criptomonedas. En 2017, su sede en Hong Kong aceptaba un cobro por la prestación de sus servicios a través de Bitcoin, convirtiéndose así en la primera gran consultora mundial en aceptar un pago de criptomonedas (Russolillo, 2017). Posteriormente en 2019, la sede en Luxemburgo también adoptaría esta posición.

Poco después se unió Deloitte, como segunda Big Four en aceptar pagos a través de Bitcoin. Realizaron una prueba piloto con el objetivo de probar la tecnología subyacente del Bitcoin (la blockchain) en sus empleados. Esto consistió en permitir a sus trabajadores en Canadá pagar sus almuerzos a través de Bitcoin.

PwC ha desarrollado una herramienta apoyada por estas tecnologías para facilitar y mejorar los procesos de auditoría ("Halo"), consiguiendo superar las dificultades que suponían en las auditorías las

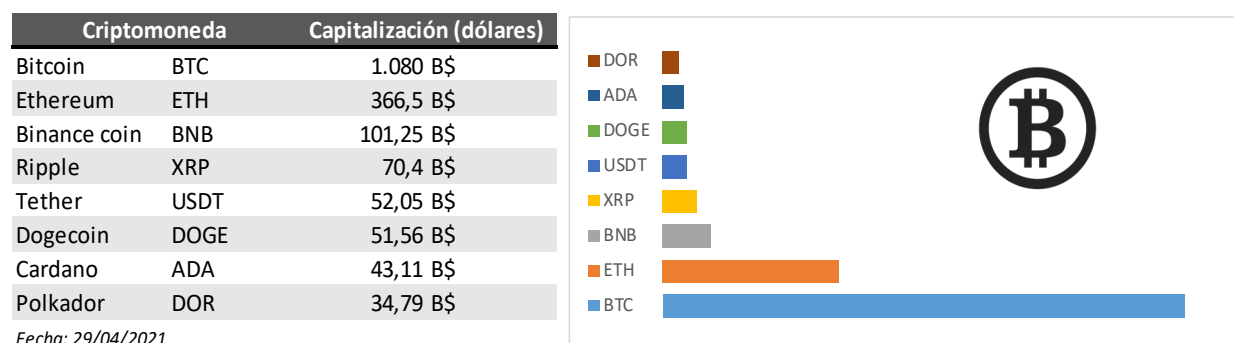
transacciones de criptomonedas. Esta función ha permitido que ofrezcan su servicio a empresas que no auditan pero que entre sus actividades entran en juego las criptomonedas.

PwC considera que es importante que los auditores estén al tanto de los cambios tecnológicos en el mercado. Por ello continúan desarrollando herramientas de auditoría que satisfacen las necesidades de las tecnologías emergentes y de las demandas de sus clientes y socios (Chalmers, 2019).

5. Análisis de las criptomonedas

A continuación, vamos a realizar un análisis de su evolución e impacto en los mercados bursátiles, centrándonos en el Bitcoin, ya que es el principal referente del mercado de criptomonedas, siendo la que mayor capitalización de mercado posee.

Figura 4. Capitalización del mercado de criptomonedas.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de investing.com

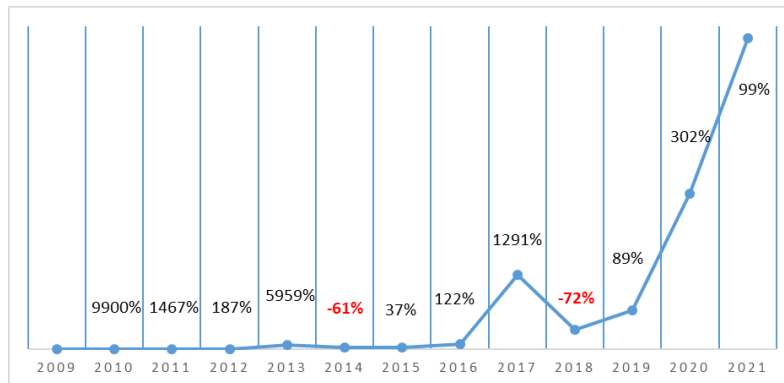
5.1. El Bitcoin

Sus orígenes se sitúan en 2008, cuando se crea la web bitcoin.org y Satoshi Nakamoto (2008) publica el primer documento que trata sobre el Bitcoin y su funcionamiento, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”. Según Márquez (2016), la red Bitcoin no se pone en marcha hasta el año siguiente, cuando el 3 de enero de 2009 se mina el primer bloque. La primera conversión de Bitcoin a dólar se produce ese mismo año, momento en el que un Bitcoin tenía un valor de 0,00076392\$. Por entonces no se le otorgaba un valor como tal por lo que ese valor de intercambio procedía de los costes de electricidad de la minería.

La evolución de esta criptomoneda ha sido tal que cuando en 2021 llegó a su máximo histórico, para comprar un solo Bitcoin necesitabas 63.540,9\$, lo que supone un crecimiento histórico de un 8.317.694.333%. En sus comienzos apenas había mercado y los pocos intercambios de Bitcoins eran entre aficionados de la criptografía. A partir de 2010 se considera que nace el primer mercado de criptomonedas con la creación del BitcoinMarket.

A continuación, analizamos su evolución anual desde 2010, momento del que disponemos de datos diarios para calcularlo.

Gráfico 2. Evolución anual del Bitcoin hasta el 30 de abril de 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de investing.com

Observamos que esta criptomoneda ha ido creciendo a un ritmo muy acelerado, salvo en 2014 y 2018 en el que vemos ciertos retrocesos. A partir de 2018 no ha dejado de crecer.

Con la pandemia provocada por la COVID19, el Bitcoin al igual que el resto de criptomonedas y gran parte del mercado bursátil sufrieron fuertes caídas debido al miedo que había en los mercados provocados por los confinamientos: el Bitcoin perdió en torno al 50% de su valor en marzo de 2020.

En este momento tan crítico el mercado de criptomonedas empezó a remontar rápidamente, llevando a muchas de ellas a encontrarse en abril de 2021 en sus máximos históricos, apenas un año después del estallido de la pandemia.

Algunos de los motivos de este crecimiento durante el primer año de pandemia podrían ser:

- Entrada de grandes inversores institucionales. Empresas como Tesla, MicroStrategy o Galaxy Digital Holdings cuentan con miles de Bitcoins como activos en sus carteras de inversión.
- Empresas que lo usan en su actividad. Otras empresas de gran tamaño como Paypal y Visa, han apostado por el uso de Bitcoin y otras criptomonedas como posible medio de pago.
- Algunos inversores lo consideraron como un valor refugio, considerándolo el “oro digital”.
- Creación de fondos de inversión cotizados cuyo subyacente es el Bitcoin.

Tras analizar este último periodo de gran crecimiento hasta llegar en abril a máximos históricos, el mercado de criptomonedas sufre una brutal caída en el mes de mayo de 2021. En poco más de 24 horas, el mercado de criptomonedas se desplomó, llevando a algunas de las principales criptomonedas a perder durante algunas horas, casi la mitad de su valor.

Este cambio de tendencia lo podemos ver reflejado de manera más técnica en el gráfico que vemos a continuación (Bitcoin), en el que aparecen las cotizaciones de esta criptomoneda en diferentes momentos temporales. Se aprecia que entre los meses de marzo y mayo de 2021 se forma una figura chartista, indicándonos que se va a producir un cambio o giro en la tendencia actual. Concretamente apreciamos lo que se conoce como un hombro-cabeza-hombro, lo que señala un cambio de tendencia alcista a tendencia bajista. El punto más alto señala la cabeza y coincide con su máximo histórico. La línea negra se conoce como la línea clavicular y la encontramos uniendo los mínimos de cada hombro. Cuando esta línea clavicular se supera por debajo (triángulo naranja), la figura se confirma y el precio comienza a bajar. Por último, podemos establecer un precio objetivo al que podría llegar. Al unir la distancia entre la línea clavicular y el mínimo de la cabeza, una vez que la figura se confirma, podemos

extrapolar esta línea de color naranja al momento de la rotura y ahí encontraremos nuestro objetivo de precio, en este caso de 30.273,70\$.

Gráfico 3. Análisis técnico del cambio de tendencia.



Fuente: Elaboración propia a partir de XTB.

Tras ver lo ocurrido con el Bitcoin, en la siguiente tabla observamos de manera porcentual, cómo cayó el precio de esta criptomoneda, así como de algunas de las otras más importantes de este mercado.

Tabla 1. Caída en el mercado de criptomonedas.

Criptomoneda	Cotización (\$)	Cotización (\$)		Disminución (%)
		10/05/2021	19/05/2021	
Bitcoin	BTC	55.849	36720,5	-34,25%
Ethereum	ETH	3947,9	2435,1	-38,32%
Ripple	XRP	1,53447	1,0617	-30,81%
Dogecoin	DOGE	0,568682	0,330353	-41,91%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de investing.com

Como ya hemos comentado, las criptomonedas se caracterizan por ser un activo muy volátil. La causa principal de este batacazo se le atribuye a China, que lleva varios años prohibiendo a las instituciones financieras ofrecer servicios que tengan relación con estos activos digitales. En esta ocasión, a través de un comunicado, el People’s Bank of China volvía a inclinarse en contra del mercado de criptomonedas afirmando que: “las monedas virtuales no deben ni pueden usarse en el mercado porque no son monedas reales” (Rtve.es, 2021). Según Hernández (2021), China pretende lanzar su propia criptomoneda para así tener un mayor control sobre los flujos de entrada y salidas de efectivos producidas por las criptomonedas.

También existen otras opiniones, que consideran que esta gran caída no es más que una corrección provocada tras el halving sucedido en mayo de 2020, que consiste en un proceso por el que la recompensa en Bitcoins que reciben los mineros se reduce a la mitad como medida para controlar su inflación (Meynkhhard, 2019).

Por último, señalar en esta caída, concretamente en el caso del Bitcoin, la participación del empresario Elon Musk. CEO y fundador de empresas como SpaceX y Tesla, es también conocido por el poder que tiene sobre la fluctuación de algunas criptomonedas. Esto se debe a que durante esos meses a través de entrevistas y redes sociales (especialmente twitter), Elon Musk ha impulsado el crecimiento de criptomonedas como Bitcoin o Dogecoin en cuestión de horas. De la misma forma, su intervención, también ha provocado fuertes bajadas.

En el caso del Bitcoin, Tesla y su CEO, anunciaron en febrero de 2021 la compra de una considerable cantidad de Bitcoins y la intención de aceptar esta moneda como medio de pago en sus vehículos. Tras este anuncio, la cotización del Bitcoin se disparó. A los pocos meses a través de un tweet en su cuenta personal, Elon Musk anunciaba que dejarían de aceptar este medio de pago y que analizarían sustituirlo por la moneda Dogecoin, ya que consideraban que agravaba menos el impacto climático. Tras estas publicaciones, en cuestión de minutos, el precio del Bitcoin cayó en más de un 10% y se disparó el de la moneda Dogecoin.

5.2. Relación del Bitcoin con otros activos e índices: un caso de estudio

Llegados a este punto, vamos a comparar su evolución frente a diferentes activos e índices, estudiando su correlación y viendo su patrón de comportamiento en referencia a dichos valores. Este estudio lo realizaremos comparando el Bitcoin con Ethereum (segunda criptomoneda con mayor valor), el oro (commodity), el S&P500 (índice, NYSE) y el MSCI World (índice, NYSE).

Todos los datos de cotización diaria utilizados para este estudio han sido obtenidos de la base de datos de Investing. Al comparar diferentes tipos de activos (commodities, criptomonedas e índices), se han tenido que realizar ciertos ajustes para poder realizar la comparativa. Esto quiere decir que, por ejemplo, del Bitcoin podemos obtener la cotización diaria de los 365 días de los últimos 10 años, pero si queremos compararlo con el oro, tenemos que eliminar los datos de cotización del Bitcoin durante los fines de semana para poder comparar la misma cantidad de datos de cada activo, ya que el mercado del oro no está operativo en estas fechas.

Como queremos analizar el comportamiento del Bitcoin, la fecha más temprana que usamos para nuestro estudio es el 19 de julio de 2010, momento a partir del que tenemos información de la cotización diaria del Bitcoin. Debido a que en el caso del Ethereum, no saldría al mercado hasta 2015, para esta criptomoneda tenemos la cotización diaria desde el 10 de marzo de 2016, por lo que al menos tendremos más de 5 años para su comparación con el Bitcoin. Del MSCI World Index disponemos de datos a partir del 9 de julio de 2012.

Podemos decir que contamos con una muestra amplia de datos para realizar el análisis.

Tabla 2. Datos diarios incluidos en la muestra.

VARIABLES	Nº. de datos diarios analizados
Bitcoin	3.968
Ethereum	1.907
Oro	1.906
S&P500	2.951
MSCI World	2.319

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de datos

Para realizar el tratamiento de los datos, en primer lugar, calculamos el coeficiente de correlación lineal entre el Bitcoin y el resto de variables elegidas, para cuantificar el grado de dependencia lineal entre las variables (Barrera, Parada & Serrano, 2020; Barrera, 2022). Cuanto mayor sea el valor absoluto de este coeficiente, más fuerte es la relación existente entre las variables.

Tras esto, debemos determinar si la correlación entre las variables es significativa. En teoría, una correlación estadísticamente significativa quiere decir que en una muestra similar existiría una correlación entre las dos variables distinta de cero. Para ello realizamos un contraste de hipótesis cuya hipótesis nula es que la correlación entre las variables consideradas no es significativa. Para resolver el contraste podemos establecer un nivel de significación del 5%, pues es el límite convencional que se utiliza para descartar el azar como causa de la correlación entre las dos variables distinta de cero.

En el presente estudio vamos a establecer niveles de significación más estrictos (1%), lo que implica que la correlación entre las variables es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 99%. Para realizar el análisis de los datos hemos utilizado la hoja de cálculo Excel y el programa estadístico IBM SPSS Statistics 25.

Bitcoin vs Ethereum

En primer lugar, comparamos las dos criptomonedas más conocidas y de mayor capitalización bursátil, para poder observar si se comportan de la misma manera, tal y como hemos visto, por ejemplo, en el apartado anterior con la caída producida en mayo.

La web de ethereum (<https://ethereum.org/>) la define como una tecnología que gestiona depósitos de dinero digital, pagos globales y aplicaciones, de fácil acceso, al que cualquier usuario puede acceder con una conexión a internet.

Su creador, Vitalik Buterin, ejecutó la primera versión de la plataforma en 2015. Al igual que Bitcoin, se basa en la tecnología blockchain, siendo una criptomoneda descentralizada, pero con características que la distinguen del Bitcoin, haciendo que, para muchos, la tecnología de Ethereum sea más interesante y con mayor futuro. Uno de los principales motivos es la mayor aplicabilidad que otorga la red de Ethereum a la hora de crear Smart Contracts. También cabe destacar que la prueba de trabajo de un Bitcoin se aproxima en torno a 10 minutos, mientras que para Ethereum son 15 segundos.

Asimismo, mientras que el Bitcoin está limitado a 21 millones de unidades, la oferta de Ethereum se extiende a 18 millones cada año.

El 1 de diciembre, a través de un tuit, la cuenta oficial de Ethereum anunciaba el lanzamiento del bloque Génesis de “Ethereum 2.0”, con la idea de mejorar su eficiencia y con la principal novedad de que la prueba de trabajo (proof of work) conocida hasta ahora, era sustituida por la prueba de participación (proof of stake). Con esta modificación la función de los mineros pasaba a ser más bien una actividad de validación de transacciones. Con esta nueva utilidad se conseguiría una mayor eficiencia energética al obtener criptomonedas y un mayor número de transacciones por segundo, haciendo que la moneda sea mucho más productiva.

En el Gráfico 4 vemos cómo ambas criptomonedas siguen una tendencia muy similar desde 2016. En 2016 y 2021, parece que siguen tendencias más dispares.

Ethereum sale a cotización en 2015, fecha en la que el Bitcoin llevaba ya varios años en el mercado. Éste podría ser uno de los motivos por los que durante los primeros meses no estuviesen del todo correlacionados, pero con el paso del tiempo parece que siguen la misma tendencia.

Gráfico 4. Cotización Bitcoin vs Ethereum.



Fuente: Elaboración propia a partir de XTB.

Tabla 3. Correlación entre Bitcoin y Ethereum.

BITCOIN - ETHEREUM	R
Todo el periodo (2016-2021)	0,90064**
Desglose en años	
2021 (hasta 28/05)	0,46156
2020	0,94092
2019	0,75484
2018	0,89481
2017	0,88961
2016 (desde 10/03)	-0,16361
2021 por meses	
Mayo	0,765706
Abril	-0,181473
Marzo	0,867927
Febrero	0,647339
Enero	0,286379

** La correlación es significativa en el nivel 0,01.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en la tabla anterior, para todo el periodo analizado, Bitcoin y Ethereum poseen una correlación positiva próxima a 1, por lo que podemos considerarla muy alta y es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 99%.

Tal y como veíamos en el gráfico, durante sus inicios, ambas criptomonedas llegaron a tener una correlación negativa, comenzando a ser positiva y muy alta a partir del siguiente año. Finalmente vemos que tras un 2020 en el que alcanza el mayor dato de correlación durante un año, en 2021 parece que está cayendo. Esto último podría ser una señal de que Ethereum se empieza a desmarcar un poco de la

criptomoneda de referencia en el mercado. Ethereum posee unas características únicas que puede que estén provocando que cada vez más inversores confíen en ella como el nuevo referente del mercado de criptomonedas.

También cabe destacar que en mayo de 2021 su correlación vuelve a ser muy alta, causado principalmente por la gran caída que sufrieron las criptomonedas.

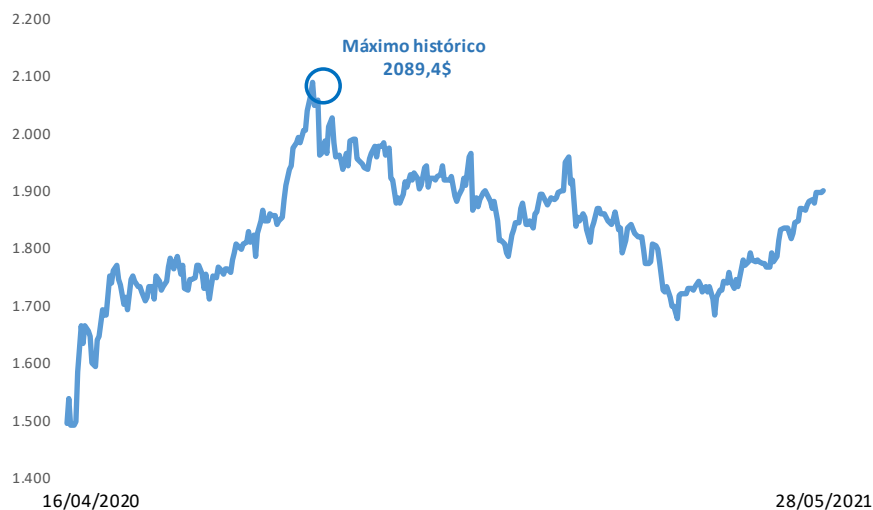
Bitcoin vs oro

Incluimos el oro para comparar el Bitcoin con un activo refugio. Según Baur y Lucey (2010), un activo refugio es aquel que no tiene correlación positiva o correlación negativa con otros activos o conjuntos de activos que se ven afectados en periodos de crisis. Es por ello que muchos inversores consideran de vital importancia estos activos ya que disminuyen la exposición al riesgo de sus carteras.

Tanto el Bitcoin como el oro tienen una oferta limitada por lo que su valoración depende de la interacción de oferta y demanda. Y el Bitcoin al ser la criptomoneda más antigua y popular se ha convertido en un refugio seguro, especialmente para los inversores jóvenes que confían en la tecnología. Por ello hay quien considera que el Bitcoin puede convertirse en un reemplazo del oro (Som & Kayal, 2022).

El ejemplo más reciente con el oro, lo vemos con el de la crisis del COVID19: aunque al igual que el resto del mercado perdió parte de su valor durante los primeros días, se recuperó de manera mucho más rápida que el resto, llegando en agosto de 2020 a máximos históricos, superando los 2.000\$ por onza.

Gráfico 5. Evolución de la cotización del oro desde el comienzo de la crisis COVID19.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de investing.com.

A continuación, vemos la evolución de los precios del Bitcoin y el oro.

Gráfico 6. Cotización Bitcoin vs oro.



Fuente: Elaboración propia a partir de XTB.

Podemos apreciar que la evolución de la cotización de Bitcoin y oro es bastante más divergente que las de la comparativa Bitcoin vs Ethereum. Si analizamos la correlación entre el Bitcoin y el oro, como era de esperar, la correlación es mucho más baja, aunque positiva si tenemos en cuenta todo el periodo analizado. Durante los primeros años el Bitcoin y el oro tenían una correlación positiva, aunque no muy alta (excepto los últimos meses de 2010). Tras el paso del tiempo y con la mayor consolidación del Bitcoin en el mercado, la correlación pasó a ser negativa.

Tabla 4. Correlación entre Bitcoin y oro.

BITCOIN – ORO	R
Todo el periodo (2010-2021)	0,45013**
Desglose en años	
2021 (hasta 28/05)	-0,76506
2020	0,47356
2019	0,67526
2018	0,57187
2017	0,36948
2016	0,25336
2015	-0,65697
2014	-0,16697
2013	-0,55201
2012	0,38436
2011	0,25685
2010 (desde 19/07)	0,71059
2021 por meses	
Mayo	-0,859318
Abril	-0,567698
Marzo	0,154076
Febrero	-0,472830
Enero	-0,178258

** La correlación es significativa en el nivel 0,01.

Fuente: Elaboración propia.

Tanto en la Tabla 4 como en el Gráfico 6 de sus cotizaciones, podemos ver cómo en 2013 y 2015 siguen caminos completamente distintos, cumpliendo esta correlación negativa que dice que los activos evolucionan de manera contraria.

Si nos situamos en marzo de 2020, punto de inflexión en los mercados debido a la crisis del COVID19, podemos ver cómo su correlación es positiva y bastante alta. Tras sufrir ambos activos una caída considerable, al poco tiempo remontan su evolución. A los pocos meses el oro llegaría a su máximo histórico en agosto, mientras que la correlación con el Bitcoin comienza a separarse. Igualmente, vemos que, para 2020 su correlación es positiva. De hecho, en un informe de Bloomberg (Kapilkov, 2020), donde analizaron la interrelación mensual de ambos activos, sitúan en 2020, el punto de mayor correlación histórica entre ambos.

En 2021 ambos activos empiezan a descorrelacionarse por completo, obteniendo coeficientes de correlación negativo durante los cinco primeros meses de 2021: Bitcoin llegaría a máximos históricos en abril de 2021, mientras que el oro no ha dejado de perder valor desde que tocó techo. Es en mayo cuando comienza a recuperar parte de este valor, mientras que las criptomonedas dan el gran traspies, lo que justifica esa correlación de -0,85 en el mes de mayo.

Este último hecho nos podría hacer considerar que el Bitcoin y el oro podrían convivir juntos en una cartera diversificada, ya que como estamos viendo la tendencia de su correlación parece que se está asentando como bastante próxima al -1.

Bitcoin vs S&P 500

El S&P 500 es considerado uno de los índices bursátiles más relevantes en todo el mundo. La empresa Standard & Poor's da nombre a este índice al ser la empresa que lo introdujo en 1923. Por aquel entonces estaba conformado por 233 empresas, pero unos años más tarde se extendería hasta incluir a 500 empresas, que hoy en día aglutinan en torno el 80% de toda la capitalización bursátil de Estados Unidos.

Todas las acciones de empresas que componen el índice cotizan en el NASDAQ y/o la bolsa de New York. Las empresas que encontramos en él, deben cumplir una serie de requisitos y las que mayor ponderación poseen en el índice son Apple, Microsoft, Amazon, Facebook, Tesla, Alphabet, Berkshire Hathaway, Johnson & Johnson y JP Morgan Chase & Co.

A continuación, analizamos la evolución de los precios del Bitcoin frente a este índice.

Gráfico 7. Cotización Bitcoin vs S&P500.



Fuente: Elaboración propia a partir de XTB.

A primera vista podríamos decir que tienen una correlación positiva, ya que parece que siguen una tendencia similar durante el periodo analizado. Vemos cómo el índice S&P500 sufrió un mayor retroceso a mitad de marzo en comparación con los activos analizados hasta ahora. Tras sufrir esta gran caída durante varios días, no vuelve a niveles previos a la pandemia hasta agosto de ese mismo año, momento a partir del cual no deja de crecer.

La correlación entre Bitcoin y el S&P500 es bastante alta, aunque sus correlaciones van variando mucho, llegando a ser negativa en 2011 (aunque mínimamente) y 2014. En el Gráfico 7 vemos claramente cómo esa correlación negativa de -0,53 se puede apreciar al evolucionar la cotización de ambos activos de manera opuesta.

Tabla 5. Correlación entre Bitcoin y S&P500.

BITCOIN - S&P500	R
Todo el periodo (2010-2021)	0,75100**
Desglose en años	
2021 (hasta 28/05)	0,49718
2020	0,76797
2019	0,54726
2018	0,13698
2017	0,87420
2016	0,80489
2015	0,09867
2014	-0,53090
2013	0,72089
2012	0,67998
2011	-0,04009
2010 (desde 19/07)	0,78001
2021 por meses	
Mayo	0,056124
Abril	-0,287572
Marzo	0,777853
Febrero	0,632826
Enero	0,048123

** La correlación es significativa en el nivel 0,01.

Fuente: Elaboración propia

Tras el batacazo que sufrió uno de los mercados más representativos (si no el que más) de la economía mundial, muchos inversores institucionales apostaron por las criptomonedas, lo que podría ser uno de los motivos que explique la alta correlación que siguió al Bitcoin con este índice tras los primeros meses de la pandemia. Aunque para 2020 vemos una correlación bastante cercana a uno, hubo momentos en los que el S&P500 y la criptomonedas se encontraron con coeficientes de correlación negativos, explicado principalmente por el halving que sufrió Bitcoin en mayo.

En 2021 la correlación ya no es tan alta, aunque sigue siendo positiva. Si lo estudiamos por meses, encontramos bastante disparidad entre los coeficientes de correlación. Un estudio más exhaustivo sobre las correlaciones entre el Bitcoin y S&P500 realizado por el DBS Bank (Investing.com, 2021), demuestra cómo los cambios de tendencia del Bitcoin están incrementando la volatilidad de los futuros

basados en el S&P500, lo que confirma que cada vez es mayor el peso de esta criptomoneda en el mercado, ya que como vemos en este ejemplo sus oscilaciones influyen en los mercados financieros tradicionales.

Habrá que esperar observar la evolución de ambos activos para confirmar si el Bitcoin sigue desacoplándose de este índice y, por tanto, poder llegar a considerarlo como un valor refugio que sustituya al oro.

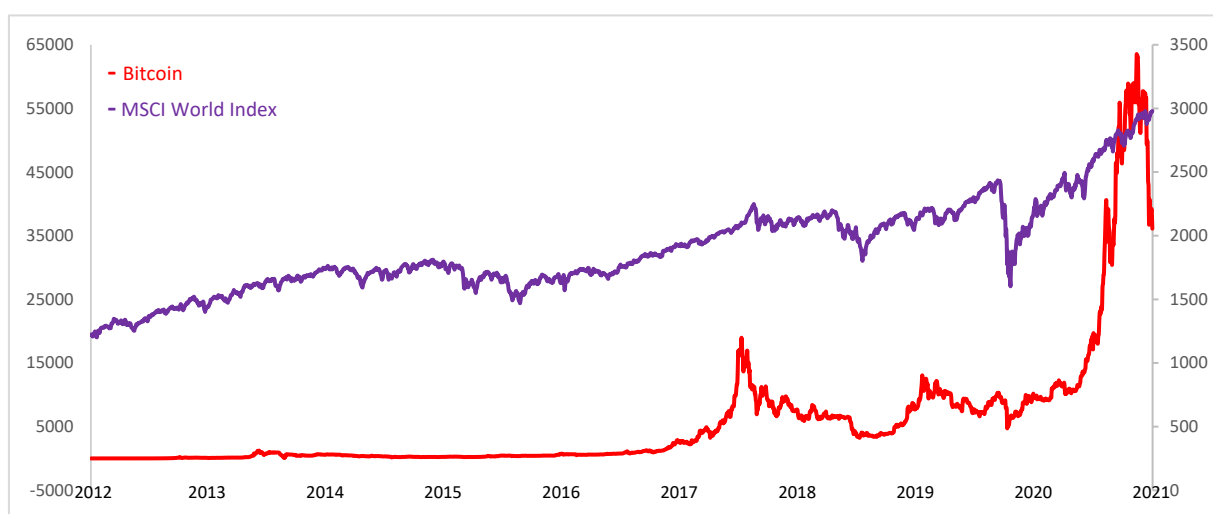
Bitcoin vs MSCI World Index

El S&P 500 aunque es uno de los índices más representativos de la economía mundial, solo tiene en cuenta la evolución de empresas estadounidenses. Por ello, a continuación, comparamos el Bitcoin con el índice mejor considerado al evaluar el desempeño de las principales empresas a nivel global, el MSCI World Index, elaborado por la compañía Morgan Stanley Capital International Inc, empresa perteneciente a la firma estadounidense Morgan Stanley, desde 1986.

El MSCI World representa un total de 1.583 empresas seleccionadas de 23 países, lo que supone en torno al 85% del free-float de cada país (MSCI, 2021).

A simple vista, vemos en el Gráfico 8 que ambos activos parecen poseer un coeficiente de correlación positivo, destacando al igual que ocurría con el índice anterior, un mayor retroceso en el mes de marzo de 2020, por la crisis del COVID19.

Gráfico 8. Cotización Bitcoin vs MSCI World Index.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 observamos que el coeficiente de correlación con este índice es incluso mayor que con el S&P500. Viendo su desglose año a año, observamos que también hay grandes variaciones. Al igual que con el S&P500, con el MSCI World tras un período de correlación negativa entre 2014-2015, los siguientes años sufren una correlación cercana a 1, vuelve a reducirse un poco entre 2018 y 2019 y en 2020 vuelve a crecer, siendo un valor en torno a 0,75 para ambos índices respecto al Bitcoin.

Tabla 6. Correlación entre Bitcoin y MSCI World Index.

BITCOIN - MSCI World	R
Todo el periodo (2012-2021)	0,81023**
Desglose en años	
2021 (hasta 28/05)	0,46774
2020	0,76264
2019	0,48560
2018	0,55697
2017	0,82878
2016	0,72012
2015	-0,24350
2014	-0,25862
2013	0,71451
2012 (desde 09/07)	0,84325
2021 por meses	
Mayo	-0,186726
Abril	-0,297263
Marzo	0,780828
Febrero	0,750982
Enero	0,162315

** La correlación es significativa en el nivel 0,01.

Fuente: Elaboración propia.

En 2021 vemos también que los valores son casi idénticos, aunque en el desglose mes a mes el MSCI World destaca una correlación más negativa que para el S&P500. Podemos ver que, aunque el MSCI World sea un índice más global, ambos índices se mueven casi de manera idéntica, ya que el peso de Estados Unidos en el MSCI World es de más del 65%. Por lo tanto, sus coeficientes de correlación con el oro también son muy similares.

Tras haber analizado este último valor, volvemos a ver la idea que comentábamos en el apartado anterior acerca de una posible separación entre el Bitcoin con el S&P500. En este caso incluso es más destacable, ya que tanto los meses de abril como mayo están recogiendo correlaciones negativas.

Habrà que estar atentos a la evolución para ver si la mayor criptomoneda sigue desacoplándose de los valores más representativos del mercado e iniciando el camino para convertirse en este valor refugio que algunos empiezan a identificar como “oro digital”.

6. Conclusiones

A lo largo de este estudio hemos podido comprobar el peso que hoy en día están teniendo estas tecnologías en nuestra vida diaria, analizando las ventajas y desventajas de las criptomonedas, así como estudiando las múltiples aplicaciones de la tecnología Blockchain, que quizás en algunas ocasiones resulte incluso más interesante que las propias criptomonedas.

La reducción de costes eliminando intermediarios, su inmutabilidad, la seguridad que aporta y la velocidad de sus procesos, son algunas de las características más valoradas de la tecnología Blockchain, que año a año van mejorando debido al enorme interés que ha despertado en usuarios y empresas.

Con el paso del tiempo y las mejoras de esta tecnología base de las criptomonedas, se está extendiendo como una herramienta clave en multitud de diversos procesos. Lo que empezó como soporte de las criptomonedas, ahora se le otorga nuevas funcionalidades, desde su uso como sustituto de patentes, hasta su aplicación en concesionarios o supermercados para proporcionar información de calidad a los clientes.

Elemento de inversión, activo especulativo, activo refugio, elemento de pago... Son muchas las finalidades que podemos otorgarle a las criptomonedas y que según las diferentes visiones del mercado pueden ser positivas o negativas. Hemos visto como una de las principales ventajas de las criptomonedas es la posición contraria que adoptan muchos gobiernos frente al uso de estos activos, como en el caso de China. Nos referimos a su descentralización, siendo uno de los factores que más dudas genera frente a estos activos, al no estar respaldado por ningún gobierno ni institución.

La importancia de las criptomonedas es algo incuestionable si ponemos en relación lo que suponen respecto a las grandes compañías a nivel mundial. Así, en abril de 2021, las criptomonedas reclamaron una capitalización de mercado por valor de más de 2,3 billones, momento en el que el valor de las Big Four se situaba por debajo: Apple tenía un valor de 2,2 billones, Microsoft 1,9 billones, Amazon 1,7 billones, y Facebook 0,9 billones (Som & Kayal, 2022).

No obstante, existe diversidad de opiniones: desde que criptomonedas como el Bitcoin podrán llegar a valer medio millón de euros en pocos años (JP Morgan), hasta otras más pesimistas que consideran que no es más que una burbuja y que en cualquier momento podría estallar y hacer que valga 0 (Chamath Palihapitiya, ejecutivo de Facebook). Lo que sí podemos asegurar es la gran volatilidad que tiene el Bitcoin y la gran mayoría de criptomonedas, lo que puede poner en peligro a pequeños inversores con escasa cultura financiera, que no sean conscientes de los riesgos asociados a este tipo de activo.

Aunque exista todo tipo de opiniones, lo que es una realidad es que con el paso del tiempo cada vez son más los inversores institucionales que se adentran en este mercado y apuestan por contar con criptomonedas dentro de su cartera de activos, tal y como hemos visto con el ejemplo de Tesla o MicroStrategy.

Este interés por las criptomonedas y la posibilidad de abrirse a nuevos mercados, culminó durante la pandemia generada por el COVID 19, provocado principalmente por un contexto caracterizado por la aceleración digital, la adopción de políticas de interés bajos y la caída de los principales valores bursátiles de referencia como el S&P500 o el MSCI World Index a principios de la pandemia, lo que desembocó en este auge del mercado de las criptomonedas.

Al analizar el Bitcoin con otros activos hemos extraído las siguientes conclusiones. En primer lugar, hemos visto que el Bitcoin con quien mayor correlación comparte de los activos comparados es con Ethereum. Esto hecho nos hace pensar que los inversores hayan comenzado a valorar las características de la tecnología de Ethereum, por encima de la de Bitcoin y que, por tanto, pueda convertirse en la nueva criptomoneda de referencia en el mercado.

Respecto al oro, encontramos la correlación más baja, haciéndonos ver que ambos activos están cada vez más descorrelacionados y que, por tanto, podrían utilizarse juntos en una cartera diversificada.

Al realizar este estudio con el S&P500 y el MSCI World Index, obtenemos resultados muy similares. Con ambos, el coeficiente de correlación de todo el periodo analizado es positivo y superior a 0,75.

Hemos visto cómo el Bitcoin desde sus inicios ha ido siguiendo la tendencia de los mercados tradicionales hasta que, con el paso de los años, su influencia ha ido creciendo hasta el punto de que esta criptomoneda provoca alteraciones en los movimientos de índices y ETFs de referencia. Habrá que estar atentos a la evolución de los próximos meses para ver si el Bitcoin, sigue desacoplándose de los valores más representativos del mercado e iniciando el camino para convertirse en este valor refugio que algunos identifican como “oro digital”.

Como hemos visto en los párrafos anteriores, existen multitud de opiniones acerca del mundo de las criptomonedas. Por un lado, son numerosas las empresas e inversores que consideran que la importancia de estos activos continuará incrementándose en el futuro. Por otro lado, instituciones y gobiernos desconfían de este medio monetario virtual, y también algunos personajes relevantes en el ámbito financiero, que consideran que estamos ante una burbuja que puede estallar en cualquier momento. Es el caso de premios Nobel de economía como Robert J. Shiller o Richard Thaler e inversores y empresarios como Warren Buffet o George Soros.

Por todo ello consideramos que, aunque nadie puede predecir qué ocurrirá en el futuro acerca del devenir del mercado de criptomonedas, lo que sí tenemos claro tras haber realizado este estudio, es el gran impacto que ha tenido su aparición en el mundo de las finanzas y los mercados financieros, y que como mínimo la tecnología Blockchain que nació con este nuevo mercado, la veremos cada vez más presente en nuestras vidas.

Referencias

- Abanca Innova (2019, 5, febrero). *Los tipos de blockchain: pública, privada o consorcio, explicados*. <http://abancainnova.com/es/opinion/los-tipos-de-blockchain-publica-privada-o-consorcio-explicados/>
- Alcaraz, M. (2014). *Internet de las Cosas*. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, 1-27. <https://bit.ly/2ltyoVQ>
- Antonopoulos, A. (2017). *Internet del Dinero*. <https://www.necoeduca.com/downloads/InternetdelDineroAndreasMAntonopouloslibro.pdf>
- Azuara, V., Martínez, L., Sánchez, A., & Valdivia, W.F. (2018). *Aportaciones Universitarias a las ciencias administrativas*. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, México. https://www.researchgate.net/profile/Armando_Sanchez_Macias/publication/330075860_Libro_Aportaciones_Universitarias_a_las_Ciencias_Administrativas/links/5c2bc891299bf12be3a71fdf/Libro-Aportaciones-Universitarias-a-las-Ciencias-Administrativas.pdf#page=164
- Balbastre, F., & Ugalde, N. (2013). Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. *Revista de Ciencias Económicas*, 31(2), 180-187. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/12730/11978>
- Banco de España & Comisión Nacional del Mercado de Valores (2021). Comunicado conjunto de la CNMV y del Banco de España sobre el riesgo de las criptomonedas como inversión. <https://www.cnmv.es/Portal/verDoc.axd?t=%7Be14ce903-5161-4316-a480-eb1916b85084%7D>
- Barrera, J.A., Parada, S.P., & Serrano, L.V. (2020). Análisis empírico de correlación entre el indicador de estructura de capital y el indicador de margen de utilidad neta en PYMEs. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 29, 99-115. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3520>

- Barrera, J.A. (2022). Análisis empírico de correlación entre el indicador de estructura de capital y el indicador de margen de utilidad neta en pequeñas y medianas empresas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 33, 116-133. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.4450>
- Barroilhet, A. (2019). Criptomonedas, economía y derecho. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 8(1), 29-67. <http://dx.doi.org/10.5354/0719-2584.2019.51584>
- Bartolomé, A.R., Adell, J., Bellver, C., & Castañeda, L. (2017). Blockchain en educación: introducción y crítica al estado de la cuestión. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 61, 1-14. <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2018.61>
- Baur, D., & Lucey, B. (2011). Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold. *The Financial Review*, 45, 217-229. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6288.2010.00244.x>
- Brett, J. (2021, 5, abril). *Sacramento Kings Will Offer Bitcoin As Salary To Players*. <https://www.forbes.com/sites/jasonbrett/2021/04/05/sacramento-kings-will-offer-bitcoin-as-salary-to-players/?sh=356073473066>
- Brody, P. (2019). *How public blockchains are making private blockchains obsolete*. https://www.ey.com/en_gl/innovation/how-public-blockchains-are-making-private-blockchains-obsolete
- Brody, P., & Farrel, C. (2020). EY Blockchain Analyzer: Tax Calculator. https://www.ey.com/en_es/blockchain-platforms/tax-calculator
- Cámara, R. (2018). *Estudio de tecnologías Bitcoin y Blockchain*. (Trabajo de Fin de Máster). <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/83345/6/rcamaraaTFM0618memoria.pdf>
- Castello, E. (2016, 4, mayo). Blockchain: el ingrediente secreto detrás del éxito de Bitcoin. *El País*. https://elpais.com/tecnologia/2016/05/02/actualidad/1462174998_210251.html
- Chalmers, J. (2019). *Supporting the auditing of cryptocurrency*. <https://www.pwc.com/gx/en/services/audit-assurance/publications/halo-solution-for-cryptocurrency.html>
- Chuen, D.L.K., Deng, R. (2017). *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, vol. 1 (Cryptocurrency, FinTech, InsurTech, Regulation)*. Academic Press.
- CFA Institute (2018). *New public company auditor disclosures*. <https://www.cfainstitute.org/-/media/documents/article/position-paper/new-public-company-auditor-disclosures.pdf>
- Coinmarketcap (2021). *Bitcoin*. <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/>
- Cortés, M. (2021). *La nueva era en la auditoría entra en escena*. *KPMG Tendencias*. <https://www.tendencias.kpmg.es/2021/04/la-nueva-era-en-la-auditoria-entra-en-escena/>
- Deloitte (2018). *Blockchain y el reporte financiero. El impacto del Blockchain en la función auditora*. <https://www2.deloitte.com/cl/es/pages/audit/articles/blockchain-audit.html#>
- Directiva 2014/62/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a la protección penal del euro y otras monedas frente a la falsificación, y por la que se sustituye la Decisión marco 2000/383/JAI del Consejo. DOUE N°. 151, de 21 de mayo de 2014.

- Dolader, C., Bel, J., & Muñoz, J.L. (2017). La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía Industrial*, 405, 33-40.
- Echebarría, M. (2017). Contratos electrónicos autoejecutables (smart contract) y pagos con tecnología blockchain. *Revista de Estudios Europeos*, 70, 69-95.
- Fernández, A. (2018). *Guía Bitcoin 2018*. Alemania: Amazon Distribution.
- García, J.M. (2018). *Criptomonedas y Aplicación en la Economía*. Madrid: Universidad de Comillas.
- Golosova, J., & Romanovs, A. (2018). The Advantages and Disadvantages of the Blockchain Technology. *IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE)*, 1-6, <http://dx.doi.org/10.1109/AIEEE.2018.8592253>.
- Grupo de Acción Financiera de la Unión Europea (2014). *Monedas Virtuales, Definiciones Claves y Riesgos Potenciales de LA/FT*. <http://docplayer.es/27046703-Monedas-virtuales-definiciones-claves-y-riesgos-potenciales-de-la-ft.html>
- Hernández, M. (2021). El bitcoin ahonda su desplome tras el revés de China y arrastra al resto de criptomonedas. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2021/05/19/60a510a721efa02e4f8b4637.html>
- Investing.com (2021). *Cambios de Bitcoin afectan a todo el mercado, ya no es un “activo marginal”*. <https://es.investing.com/news/cryptocurrency-news/cambios-de-bitcoin-afectan-a-todo-el-mercado-ya-no-es-un-activo-marginal-2120981>
- Kapilkov, M. (2020). *Bloomberg: la correlación entre Bitcoin y el oro alcanza su nivel más alto en 10 años*. <https://es.cointelegraph.com/news/bloomberg-correlation-between-bitcoin-and-gold-reaches-its-highest-level-in-10-years>
- KPMG (2018). *Auditing Blockchain Solutions*. https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/in/pdf/2018/10/Auditing_Blockchain_Solutions.pdf
- López, E., Martínez, O., & Breceda, J.A. (2018). La descentralización de la criptomoneda. *Revista Doxa*, 8(14), 52-66.
- Márquez, S. (2016). *Bitcoin. Guía completa de la moneda del futuro*. Madrid: MA-RA Editorial.
- Meynkhard, A. (2019). Fair market value of bitcoin: halving effect. *Investment Management and Financial Innovations*, 16(4), 72-85. [http://dx.doi.org/10.21511/imfi.16\(4\).2019.07](http://dx.doi.org/10.21511/imfi.16(4).2019.07).
- MSCI (2021). *MSCI World Index*. <https://www.msci.com/documents/10199/149ed7bc-316e-4b4c-8ea4-43fcb5bd6523>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Parrondo, L. (2017). *Tecnología Blockchain, una nueva era para la empresa*. <http://www.luzparrondo.com/wp-content/webcontent/Blockchain-una-nueva-era-para-la-empresa.pdf>
- Pérez, N. (2019, 13, mayo). *¿Cómo se deben contabilizar las criptomonedas?* <https://www.bdo.es/es-es/blogs/coordenadas-bdo/mayo-2019/como-contabilizar-las-criptomonedas>

- Preukschat, A., Kuchkovsky, C., Gómez, G., Díez, D., & Molero, I. (2017). *Blockchain: la revolución industrial de internet*. Barcelona: Grupo Planeta. https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/36/35615_Blockchain.pdf
- Reid, F., & Harrigan, M. (2013). An analysis of anonymity in the bitcoin system. En Y. Altshuler, Y. Elovici, A.B. Cremers, N. Aharony, & A. Pentland (Ed.). *Security and privacy in social networks* (pp. 197-223). New York: Springer.
- Rtve.es (2021, 19, mayo). *El bitcoin pierde un 40% de su valor desde abril tras la prohibición de su uso en China como moneda*. <https://www.rtve.es/noticias/20210519/bitcoin-criptomoneda-pierde-valor-prohibicion-china/2091061.shtml>
- Russolillo, S. (2017, 30, noviembre). Bitcoin Goes to the Big Four: PwC Accepts First Digital-Currency Payment. *The Wall Street Journal*. <https://www.wsj.com/articles/pricewaterhousecoopers-accepts-fee-in-bitcoin-1512036992>
- Solera, S. (2020, 11, febrero). *Ejemplos de Smart Contracts o contratos inteligentes en España*. [Entrada de blog]. <https://www.occamagenciadigital.com/blog/ejemplos-de-smart-contracts-o-contratos-inteligentes-en-espana>
- Som, A., & Kayal, P. (2022). A multicountry comparison of cryptocurrency vs gold: Portfolio optimization through generalized simulated annealing. *Blockchain: Research and Applications*, 3(3), 100075. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2022.100075>
- Torres, E. (2015). Reflexiones respecto a las ventajas y desventajas del uso de Bitcoin. Especialización en Gerencia y Administración Financiera. *Universidad Piloto de Colombia*. <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/3750/00002077.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Van Rijmenam, M. (2019, 15, julio). *How blockchain will improve your Big Data*. <https://medium.com/dataseries/why-blockchain-will-improve-your-big-data-4ddb37676a0>
- Yahari, B. (2017). *Blockchain y sus aplicaciones*. <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2017/11/Blockchain.pdf>



Determinantes de la calidad del gobierno corporativo de los bancos hondureños

SORTO MURILLO, TELMA OSIRIS

Universidad Tecnológica Centroamericana (Honduras)

Correo electrónico: tsorto@unitec.edu

RESUMEN

El propósito de este estudio es determinar un sistema de indicadores para evaluar la calidad del gobierno corporativo de los bancos hondureños. Para ello, se profundizó en la importancia atribuida por supervisores y supervisados a las dimensiones e indicadores de Gobierno Corporativo (GC) propuestos. Asimismo, se identificaron las diferencias existentes entre ambos grupos para crear un índice de calidad del GC con los indicadores que obtuvieron una media global superior a 3.5 en la escala de Likert de 1-5 y el peso ponderado de las dimensiones. El enfoque de esta investigación es cuantitativo, con alcance correlacional y diseño no experimental, de corte transversal. Se aplicó una encuesta a funcionarios bancarios y supervisores de bancos, cuya escala posee fiabilidad (Alpha de Cronbach 0.961) y las pruebas de normalidad reflejan puntuaciones aceptables (modelo de dos pasos). Los resultados indican que la dimensión de mayor importancia es “relaciones con los accionistas” con un peso ponderado de 20.73%, seguida de “efectividad de la junta directiva” (20.44%), “relaciones con los grupos de interés” (20.42%), “función de auditoría interna...” (20.32%) y “remuneraciones y beneficios (18.09%). Asimismo, el 14% de los 70 indicadores obtuvieron puntuaciones globales medias superiores a 3.5, los cuales pueden eliminarse o analizarse en mayor profundidad con un panel de expertos. También, la prueba t de Student reveló diferencias significativas en el criterio de supervisados y supervisores en cuatro de cinco dimensiones de GC, aceptándose la hipótesis del investigador, lo que puede estar relacionado con el rol de los encuestados.

Palabras clave: determinantes del gobierno corporativo; dimensiones de gobierno corporativo; gobierno corporativo; indicadores de gobierno corporativo.

Clasificación JEL: G28, G32, G38.

MSC2010: 62P25.

Artículo recibido el 18 de agosto de 2021 y aceptado el 15 de marzo de 2022.

Determinants of corporate governance quality of Honduran banks

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine a system of indicators to assess the quality of corporate governance of Honduran banks. To achieve it, the importance attributed by bank supervisors and supervised bankers to the dimensions and indicators of Corporate Governance (CG) was deepened. Therefore, the differences between both groups were identified to create a CG quality index with indicators that exceed a global mean greater than 3.5 on the Likert scale of 1-5 and the relative weight of dimensions. The focus of this research is quantitative, with a correlational scope and a non-experimental, cross-sectional design. A survey was applied to officials of the banking system and bank supervisors, whose scale has reliability with a Cronbach's Alpha, 0.961 and the normality tests reflect acceptable scores (using the two-step model). The results indicate that the most important dimension is "relations with shareholders" with a relative weight of 20.73%, "effectiveness of the board of directors" (20.44%), "relations with stakeholders" (20.42%), "internal audit function ..." (20.32%) and "salaries and benefits (18.09%). Likewise, 14% of the 70 proposed indicators obtained mean global scores higher than 3.5, which can be eliminated or analyzed in greater depth with a panel of experts. Also, the Student's t test revealed significant differences in the criteria of supervised and supervisors in four of five CG dimensions, accepting the researcher's hypothesis, which may be related to the role of the respondents.

Keywords: corporate governance; corporate governance indicators; determinants of corporate governance; dimensions of corporate governance.

JEL classification: G28, G32, G38.

MSC2010: 62P25.



1. Introducción

Al introducir el concepto de gobierno corporativo (GC) nos referimos a lo que según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] (2016) está constituido por las normas que regulan las relaciones de los órganos de dirección con los grupos de interés de la empresa. El GC abarca todas las formas de relacionarse de los órganos de propiedad y administración de la entidad con estos grupos, en el desarrollo de sus operaciones, así como en la consecución de sus objetivos estratégicos. El gobierno corporativo se puede estudiar desde las bases de las teorías de agencia (Spence & Zeckhauser, 1971), la de *stakeholders* (Freeman, 1984) y la de *stewardship* (Donaldson & Davis, 1991). No obstante, Wan y Adamu (2012) opinan que se debe incluir en el análisis, además, a las teorías de dependencia de recursos, legitimidad, contrato social y teoría política.

Debido al rol que juegan las entidades financieras dentro de la economía de un país, se hace necesario evaluar la calidad del GC de estas instituciones; por tal razón, es propicia la creación de un índice de gobernanza determinado a través de una base robusta de indicadores, que ayude a supervisores de bancos y al sector supervisado a conocer los elementos que deben fortalecer en la gestión de sus entidades. Y es que la importancia de los bancos radica en que facilitan la asignación de recursos entre los agentes económicos (Montoya, 2016); no obstante, éstos deben generar la confianza de que están siendo administrados de forma prudente.

El enfoque de este estudio es cuantitativo, con alcance correlacional y diseño no experimental, de corte transversal, dado que la obtención de la información se llevó a cabo en un momento determinado. La recolección de datos se realizó mediante la aplicación de instrumentos estructurados (encuestas) a los funcionarios expertos en gestión de riesgos y control interno que laboran en el sistema bancario (supervisados) y a los supervisores de bancos que laboran en el ente regulador (supervisores), quienes fueron seleccionados en una muestra por conveniencia; lo anterior, con el objetivo de determinar la importancia atribuida por ellos a las dimensiones e indicadores de GC propuestos, estableciendo las diferencias existentes entre ambos criterios. Así también, una vez obtenidos los resultados, el propósito fue crear un índice de evaluación de la calidad del gobierno corporativo, que sirva para medir la fortaleza de la gobernanza de las entidades bancarias hondureñas.

El estudio pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cuáles deben ser las dimensiones y los indicadores para la evaluación de la calidad del GC de los bancos hondureños a partir de la importancia atribuida a ellos por los supervisores y los supervisados, fundamentados en una combinación de teorías complementarias a la teoría de agencia? Lo anterior en virtud de que un análisis desde una sola teoría es insuficiente. ¿Existen diferencias significativas entre el juicio de los supervisores y el de los supervisados sobre las valoraciones de las dimensiones e indicadores de GC aplicables al sistema bancario de Honduras? Porque el gobierno corporativo es un fenómeno adscrito a las ciencias sociales, en el que la percepción de quienes conocen a fondo la operatividad de las instituciones bancarias, derivado del rol que desempeñan es fundamental para su evaluación, por ende, debe tenerse en consideración. ¿Qué metodología se debe utilizar para crear un índice de calidad del GC de los bancos hondureños? Se hace necesario una forma de valoración que oriente el juicio de supervisores y supervisados sobre los indicadores y dimensiones de GC, que se caracterice por su simplicidad, para la obtención de una medida global que integre su percepción.

El documento consta de los apartados siguientes. La sección 1 contiene la introducción, preguntas de investigación, el objetivo general y los específicos, la justificación y el marco teórico. En la sección 2 se describen las estrategias metodológicas, que incluyen la descripción de la población, muestra, variables, instrumentos y su fiabilidad y las hipótesis de trabajo. El apartado 3 se refiere a los resultados y su discusión. En la sección 4 se detallan las conclusiones.

1.1. Objetivo general

La finalidad de este estudio es determinar un sistema de indicadores para evaluar la calidad del gobierno corporativo de los bancos hondureños y el peso ponderado de sus dimensiones, de acuerdo con el juicio de supervisores y supervisados, para crear un índice de buen gobierno, fundamentado en una combinación de teorías complementarias a la teoría de agencia.

1.2. Objetivos específicos

- Identificar las dimensiones e indicadores que se deben considerar en la evaluación de la calidad del GC de los bancos hondureños, a partir de la importancia atribuida a ellos por los supervisores y los supervisados.
- Establecer diferencias significativas entre el juicio de los supervisores y el de los supervisados sobre las valoraciones de las dimensiones e indicadores de GC aplicables al sistema bancario de Honduras.
- Crear un índice de calidad del gobierno corporativo de los bancos hondureños con las dimensiones e indicadores determinadas.

1.3. Justificación

Esta investigación se justifica en la importancia de saber cómo son gobernadas las organizaciones, particularmente los bancos, ya que de esto dependerá la manera en que se adaptarán a las situaciones internas y externas con las que se enfrenten y la forma en la que serán percibidas por la sociedad en su conjunto. En el caso de esta investigación es significativo, sobre todo para los grupos de interés, conocer cómo están siendo gestionados los bancos y, por ende, determinar la fortaleza de su gobierno corporativo; esto les permitirá a las entidades posiblemente, lograr un crecimiento equilibrado que les beneficie no solamente a ellas, sino también a la economía nacional.

Al ser los bancos las instituciones que estimulan y recolectan los ahorros de la sociedad, pero también las que lo distribuyen entre las empresas y el sector productivo que necesiten de capital, las convierten en un elemento fundamental en la economía de los países. Es por ello que se hace necesario contar con una metodología que permita evaluar qué tan fuerte es la gobernanza o los elementos que deben robustecerse. Ante lo cual, es importante determinar las dimensiones y los indicadores para evaluar la calidad del gobierno corporativo de los bancos hondureños, cuyo enfoque implique la combinación de varias teorías que amplíen la perspectiva de la teoría de agencia, en virtud de que los bancos son empresas de interés público, porque reciben depósitos y administran los ahorros de la población, invirtiéndolos de manera crucial para la economía, trabajan con una licencia especial conferida por el Estado y su fracaso, con frecuencia, tiene impactos negativos sobre las finanzas públicas, razones por las que conviene fortalecer y profundizar el enfoque de agencia para analizar su gobierno corporativo.

Existen algunos países donde se han desarrollado índices de buen gobierno para dar seguimiento a la gobernanza (Bolsa de Valores de Lima, 2020; Instituto Iberoamericano de Mercados de Valores, 2015; The Institute of Directors, 2017), los cuales son publicables, pero se trata de entidades no financieras. En Honduras, al igual que en muchos países, no se publican los resultados metodológicos de la evaluación de la calidad del gobierno corporativo, aunque se trate de entidades cotizadas. Sin embargo, el ente Regulador exige una certificación de buen gobierno a las instituciones financieras reguladas. Por lo que sería de gran utilidad para los grupos de interés la publicación de un índice de calidad del GC, sobre todo en el caso de entidades bancarias, ya que contribuiría con la transparencia de la información y, por ende, con la confianza de estos grupos.

1.4. Marco teórico

Los investigadores coinciden en que el gobierno corporativo se refiere a un conjunto de normas que rigen las relaciones entre los grupos de interés de una empresa (OCDE, 2016; Banco de Pagos Internacionales, 2015). Estos pueden ser los accionistas (Shleifer & Vishny, 1995), junta directiva, alta gerencia, empleados, proveedores, depositantes (Dedu & Chitan, 2013); además, los reguladores y competidores, para garantizar la equidad entre ellos (Lefort, 2003), acorde a los objetivos estratégicos de la entidad.

Es por ello, que el análisis del GC es tan importante y en el mismo resaltan dos modelos, uno con énfasis en el mercado, orientado a generar valor para los accionistas y el otro, dirigido a los grupos de interés para lograr beneficios que favorezcan esos grupos (Agüero, 2009), de tal forma que, las teorías que sustentan estos modelos permitirán identificar, en gran parte, las diferentes dimensiones e indicadores que deben ser considerados en evaluar la calidad del GC. El modelo fundamentado en el mercado es congruente con las bases de la teoría de agencia (Spence & Zeckhauser, 1971) y el modelo orientado a los grupos de interés se asienta en la teoría de los *stakeholders* (Miller, 2005), que es un planteamiento más amplio de la teoría de agencia (Villegas, 2006).

Es así como, según la teoría de agencia, la calidad del gobierno corporativo será buena cuando los accionistas controlen las actuaciones de la junta directiva, mientras que, según la teoría de los *stakeholders*, cuando se tomen en consideración los intereses de estos grupos (Sato, 2018). Por su parte, autores como Redondo y Bilbao (2018) afirman que “el significado profundo de la calidad del gobierno corporativo está anclado en el lente teórico adoptado para abordarlo y que la teoría de la agencia representa el método principal empleado en esta tarea” (p.1). Raelin y Bondy (2013) abordan la teoría de la agencia como la “teoría dominante en el gobierno corporativo”, por lo tanto, los autores consideran que “perfeccionar y ampliar la teoría de la agencia para reflejar de manera más apropiada los cambios en las percepciones dominantes de las empresas legítimas y de su gobernanza sigue siendo fundamental en la erudición de la gestión” (p.421). Aun cuando, la teoría dominante en el análisis del GC es la teoría de agencia, la evaluación queda incompleta al centrarse solamente en el interés de los accionistas, siendo el gobierno corporativo un concepto muy amplio. Es por tal razón que, poder establecer diferencias entre el juicio de los supervisados y los supervisores de los bancos hondureños en cuanto a las dimensiones e indicadores permitirá valorar la calidad del gobierno corporativo, mediante una combinación de varias teorías, pues la percepción de ambos grupos puede variar, derivado de las funciones que desempeñan.

Por otro lado, Raelin y Bondy (2013) destacan el término “buen gobierno” en la teoría de la agencia, como punto importante y fundamental en la gestión del gobierno corporativo. Varios autores, entre ellos Dayli et al. (2003), Fama (1980) y Devinney (2009) (citados en Raelin & Bondy, 2013) se refieren al buen gobierno como la maximización del valor, que con frecuencia se utiliza como sinónimo de maximización de beneficios, que a su vez se puede equiparar con el término viabilidad financiera, afirmando que las corporaciones existen para generar retornos económicos, no para resolver problemas sociales (p. 421). Sin embargo, Lizcano (2006) expresa que el buen gobierno corporativo “ha de generar necesariamente responsabilidad social siempre que el fin que se pretenda alcanzar reconozca el interés de la sociedad y responda ante ella” (p.22), así como ante las otras partes afectadas por su acción, la propia organización con sus accionistas, empleados, clientes proveedores, administración pública y competidores. En la opinión de Lizcano se puede notar claramente la influencia de la teoría del contrato social.

De lo hasta aquí expresado también se puede inferir que, aun cuando la teoría de agencia es la base del análisis del gobierno corporativo, existen teorías complementarias como lo es la teoría de *stewardship* que, según Donaldson y Davis (1991) la calidad del GC se debe valorar a través de la existencia de un sistema de beneficios atractivo para los directivos (Muth & Donaldson, 1998), que procure minimizar los conflictos de interés (Hart, 1995), entre los accionistas y la alta administración.

Por su parte, otros investigadores como Wan y Adamu (2012) consideran que, además de las teorías mencionadas, se debe considerar en el análisis del GC a las teorías de dependencia de recursos porque privilegia el rol de los administradores por sus múltiples relaciones en favor de la empresa (Klein & Pereira, 2016), la teoría de la legitimidad que se refiere a la conducta, valores, cultura y creencias de las empresas (Suchman, 1995), la teoría del contrato social que supone que hay un contrato entre la empresa y la sociedad (Marín, 1975) y, por último, la teoría política que establece los derechos de voto de los accionistas y cómo se ejerce el poder en la empresa (Acosta, 2018).

Continuando con esa línea de pensamiento, para la generación de las dimensiones y los indicadores con los cuales evaluar la calidad del GC se puede considerar, además, la teoría de *accountability* o rendición de cuentas (Ríos et al., 2014), ya que es útil para analizar la función de auditoría interna, que asegura la fortaleza del control interno de la empresa (De la Torre, 2017); también la teoría del comportamiento racional ante el riesgo e incertidumbre (Heras & Teira, 2015) que promulga que el individuo frente a varias decisiones de riesgo tomará la que genera mayor rentabilidad; además, la teoría de comportamiento organizacional, que indica que se deben considerar los elementos de la satisfacción laboral (Dailey, 2012) y el entendimiento de las motivaciones de los empleados (Morejón, 2018). En virtud, de que el gobierno corporativo de las entidades, como lo han definido los investigadores citados, abarca un conjunto de relaciones de empresa, que trascienden la relación accionista-administrador.

La combinación de estas teorías permitió al investigador desarrollar, para esta investigación, cinco dimensiones que agrupan 70 indicadores con los que se podrá evaluar la calidad del GC de los bancos hondureños; lo que permitirá conocer sobre las buenas prácticas que estas entidades puedan tener, facilitando la oportunidad de fortalecer su capacidad de respuesta estratégica, optimizar sus prácticas operativas y desarrollar planes de mejora para que los procesos funcionen eficientemente.

Es importante señalar que existen investigaciones que sirvieron de apoyo para el desarrollo de la metodología que se utilizará para el análisis de los resultados que arroje la aplicación de las dimensiones y sus indicadores valorados por supervisores y supervisados, en un primer momento de esta investigación. Inicialmente, se abordó la investigación de Gompers, Ishii y Metrick (2003) quienes diseñaron un índice de GC vinculando el derecho de los accionistas con los resultados de la entidad, que comprende 24 atributos y cinco dimensiones, tales como: derechos, protección, beneficios, obligaciones, estrategias y marco legal, dominadas por las teorías de agencia, grupos de interés y *stewardship*. También se consideró un trabajo similar realizado por Di Miceli, Pereira, Carvalhal y Barros (2007) para las empresas cotizadas de Brasil, quienes utilizaron un índice de 24 preguntas agrupadas en cuatro dimensiones (divulgación, composición de la junta directiva, ética y conflictos de interés y derechos de los accionistas); por cada pregunta que fuera respondida en forma positiva asignaron un punto y cero puntos a la respuesta negativa: cuanto más alto el puntaje, mayor sería la calidad del gobierno corporativo (Carvalhal & Pereira, 2005). Si nos detenemos un poco en el análisis, vemos como en este estudio están presentes las teorías de agencia, contrato social (por la divulgación y ética) y la teoría política, que tiene relación con los derechos de voto de los accionistas, que ya han sido citadas.

Asimismo, se consideró el estudio de Florackis y Palotás (2010) sobre la relación entre GC y desempeño financiero de empresas cotizadas del Reino Unido, identificando las dimensiones: el rol de la junta directiva, incentivos gerenciales, procesos internos y supervisión por parte de los grandes accionistas a la junta directiva, que llevan implícitas las teorías de agencia, *stewardship* y grupos de interés. Igualmente, se tuvo en cuenta la investigación de Pinzón, Rosero y Zapata (2018) sobre las empresas colombianas cotizadas; estos relacionaron el gobierno corporativo con el desempeño financiero, utilizando indicadores como: la concentración de la propiedad, inversionistas control, tamaño de la junta, directores independientes, dualidad del presidente de la junta directiva y compensaciones, en los que se observa la influencia también de las teorías de agencia, *stewardship* y grupos de interés. Además, se contempló la valoración efectuada por el IOD

(2017) quien creó un índice de GC de entidades cotizadas no financieras de Gran Bretaña, mediante 47 indicadores agrupados en cinco categorías; y también, el estudio que realizó Oliva y Alarcón (2018) para empresas chilenas, utilizando elementos de medición del GC como: la estructura de propiedad, la composición y el tamaño de la junta directiva. Poder disponer de una valoración de la calidad del gobierno corporativo, expresada en una medida global, desagregada en dimensiones e indicadores, abordados desde la perspectiva de una combinación de teorías, sería de gran importancia y utilidad para las partes interesadas, en especial, en los países donde no se cuenta con ella, debido a que, tradicionalmente, se le ha estudiado desde las bases de la teoría de agencia.

En tal sentido, la presente investigación pretende presentar una forma de evaluación del gobierno corporativo más allá de las teorías tradicionales, como la teoría de agencia, la de grupos de interés (*stakeholders*) y la de *stewardship* (administradores), en virtud de que el gobierno corporativo es un concepto integral, que abarca todas las formas de relacionarse de las entidades, no solamente lo concerniente a las relaciones de los accionistas con los administradores de la sociedad, sino con las diversas partes interesadas como los empleados, el público, la sociedad, los reguladores, los competidores y los proveedores. Es así que nuestra investigación propone, además de las teorías de estos investigadores y las del estudio de Wan y Adamu (2012) evaluar el gobierno corporativo también desde la perspectiva de la teoría de *accountability* o rendición de cuentas (para valorar la función de auditoría como órgano de apoyo a la Junta Directiva), la teoría de riesgo e incertidumbre (porque quienes toman los riesgos en las instituciones bancarias se enfrentan con la disyuntiva del balance entre la rentabilidad y el riesgo y además su mitigación) y la de comportamiento organizacional, que tiene que ver con la satisfacción laboral del recurso humano que es vital en las instituciones; y, a partir de ellas, formular dimensiones e indicadores, tomando en consideración, asimismo, los principios de gobierno corporativo como los emitidos por la OCDE, porque una evaluación del gobierno corporativo de los bancos, desde una sola teoría resultaría incompleta.

2. Estrategias metodológicas, materiales y métodos

El enfoque empleado en esta investigación es cuantitativo, de alcance correlacional donde se pretendió comprobar hipótesis con base en la medición realizada, debido a que busca describir el fenómeno y, en este caso, establecer las diferencias entre las opiniones de dos grupos encuestados sobre las variables de investigación; y diseño no experimental, en vista de que no hubo una manipulación de las variables; de corte transversal, pues la recolección de datos se dio en un momento determinado (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Para su abordaje metodológico se consideró, en un primer momento, la aplicación de instrumentos estructurados (encuestas) tanto a los funcionarios de bancos expertos en gestión de riesgos y control interno (supervisados) como a los supervisores de bancos (reguladores); para determinar su percepción sobre el nivel de importancia de las dimensiones e indicadores que se debían considerar en un índice para valorar el gobierno corporativo, valorados en una escala de Likert de 1 a 5 (Cañadas & Sánchez, 1998). Si bien las escalas de Likert han sido cuestionadas por su tendencia a la subjetividad de las respuestas, que pueden diferir por las escalas mismas, el país donde se estudie el fenómeno, el género o la edad del encuestado (Mazurek et al., 2021), continúan siendo utilizadas ampliamente en instrumentos estructurados para el estudio de fenómenos sociales, debido a su flexibilidad y adaptabilidad necesarias cuando se trata de evaluar percepciones y conductas humanas (Canto de Gante et al., 2020). Por tal razón, la valoración del gobierno corporativo no puede ser parcial o unilateral, sino que debe considerarse tanto el juicio experto de quienes se dedican a labores de supervisión y gestión de instituciones financieras, como de los supervisados, en dicho ámbito. Lo anterior se dirige a resultados a modo de valoración global, orientativa hacia los grupos de interés.

En un segundo momento, para la construcción del índice de calidad del gobierno corporativo (ICGC) se dispuso de los datos de tres instituciones financieras, que fueron proporcionados de forma anónima y voluntaria, para las dimensiones y los indicadores de GC que fueron valorados por los encuestados, así como el peso ponderado de las dimensiones determinado de las encuestas. El sistema bancario hondureño lo integran 15 bancos. No obstante, se realizó el cálculo del índice, únicamente a tres de ellos. A estos datos se aplicó, para su medición, las metodologías empleadas por IOD (2017), Florackis y Palotás (2010), Di Miceli et al. (2007), Carvalhal y Pereira (2005) y Gompers et al. (2003) para la creación de índices de gobierno corporativo, cuyos principios se sustentan en el modelo de Rash que según Montero (2001) (citado en Cerdas & Montero, 2017) es un “modelo psicométrico probabilístico donde solamente se estima el nivel de dificultad del ítem (b), asumiendo que el parámetro de respuesta al azar (c) es cero y que el parámetro de discriminación (a) es constante para todos los ítems” (p.3).

Derivado de lo expuesto anteriormente, el modelo de valoración se seleccionó por su sencillez, ya que lo único que hace es considerar indicadores que implican una respuesta en distintas métricas, normalizándolos a una sola unidad de medida, congruente con el modelo de Rash que categoriza en una misma escala todos los ítems según Andrich (1978), para obtener un indicador global que permita una interpretación integral de acuerdo con Álvarez (2008) (citados por Pérez, Chavarría & Morán-Álvarez, 2021).

Es así como, en todo sistema de indicadores las puntuaciones responden a una innovación, por ende, los puntajes pueden ser considerados en números decimales, fracciones o bien enteros, esto responde a la necesidad contextual. Según Bauer (1966) (citado en Martínez, 2010) se pueden hacer deducciones sobre el fenómeno de estudio por medio de preguntas a los encuestados y sus respuestas, partiendo de abstracciones para llegar a conceptos más precisos, a través de indicadores cuantitativos. Para Cotta-Schomberg (1994) (citado en Stubbs, 2004) el proceso de evaluación refleja un juicio de valor por parte del evaluador, por ende, la utilización de indicadores mediante una metodología establecida reduce la subjetividad.

2.1. Población

La población que formó parte de este estudio, como se señaló anteriormente, está conformada por funcionarios dedicados a labores de gestión de riesgos y control interno en el sector bancario (a quienes se denominó supervisados) y los funcionarios empleados en labores de supervisión en la Comisión Nacional de Bancos y Seguros (CNBS), ente supervisor del sistema financiero hondureño (a quienes se denominó supervisores). Dado que el sistema bancario hondureño está integrado por 15 bancos (Banco Central de Honduras, BCH, 2019) y cada entidad está obligada a nombrar un gerente de riesgos, un auditor interno y un gerente de cumplimiento, este grupo hace un total de 45 supervisados. Por su parte, los supervisores de bancos suman 143 (CNBS, 2020), por lo que la población total la integran 188 sujetos.

2.2. Muestra

Por el tamaño de la población señalada anteriormente, se realizó un muestreo por conveniencia, a través de la estrategia de bola de nieve, pues el tipo de encuestado se trata de un personal con funciones especializadas, difícil de acceder; aun así, se logró la disposición para contestar la encuesta de 49 funcionarios (22 supervisores y 27 supervisados). Para el cálculo del índice de calidad del gobierno corporativo, se obtuvieron los datos de tres instituciones bancarias que estuvieron dispuestas a proporcionarlos de manera anónima.

2.3. Variables

Las variables analizadas fueron las “dimensiones de la calidad del GC”, las “características de los encuestados”, que por el tipo de institución para la que éstos trabajaban se denominaron “supervisados” o “supervisores” y la “percepción de importancia de las dimensiones de GC”, esto para alcanzar los objetivos primero y segundo. Para el logro del tercer objetivo, la calidad del GC se determinó utilizando las dimensiones y los indicadores de GC que los encuestados valoraron por encima de 3.5 en una escala de Likert de 1 a 5 y el peso ponderado de las dimensiones siguientes: efectividad de la junta directiva (EJD-01); función de auditoría interna, riesgo, cumplimiento y auditoría externa (FUA-02); remuneración y beneficios (RB-03); relaciones con los accionistas (RA-04) y relaciones con los grupos de interés (RGI-05).

Siguiendo las metodologías de valoración empleadas por IOD (2017), Florackis y Palotás (2010), Di Miceli et al. (2007), Carvalhal y Pereira (2005) y Gompers et al. (2003) para la creación de índices de gobierno corporativo, se asignó una calificación de 1000 puntos al indicador con influencia positiva en el GC que obtuvo una respuesta afirmativa o el valor más alto y al indicador con influencia y respuesta negativa o el valor más bajo; a los casos contrarios se les asignó cero puntos. Para las respuestas que implicaron un valor continuo, se aplicó la ecuación [1] de normalización máximo-mínimo:

$$Z_i = 1000 \times (X_i - \min(X_i)) / (\max(X) - \min(X)) \quad [1]$$

Z_i = Puntaje comparado

X_i = Valor continuo del banco analizado

$\min(X_i)$ = Valor del banco con menor monto

$\max(X)$ = Valor del banco con mayor monto

$\min(X)$ = Valor del banco con menor monto

Efectuada la normalización de los indicadores se aplicó la ecuación [2] para el cálculo del índice de calidad de gobierno corporativo, cuanto más alto el valor, mayor es su fortaleza:

$$ICGC = RA-04((\bar{x}_i 44-56) * 20.73\%) + EFD-01((\bar{x}_i 1-19) * 20.44\%) + RGI-05((\bar{x}_i 57-70) * 20.42\%) + FUA((\bar{x}_i 20-32) * 20.32\%) + RB((\bar{x}_i 33-42) * 18.09\%) \quad [2]$$

ICGC = Índice de calidad del gobierno corporativo

\bar{x}_i 01-19 = Promedio indicadores para la dimensión EJD-01 del 1 al 19

\bar{x}_i 20-32 = Promedio de indicadores para la dimensión FUA-02 del 20 al 32

\bar{x}_i 33-42 = Promedio de indicadores para la dimensión RB-03 del 33 al 42

\bar{x}_i 44-56 = Promedio de indicadores para la dimensión RA-04 del 44 al 56

\bar{x}_i 57-70 = Promedio de indicadores para la dimensión RGI-05 del 57 al 70

% = Aplicación de factores ponderados a los resultados de las encuestas en cuanto a las dimensiones de gobierno corporativo.

En las Tablas 1 y 2, se presenta la operacionalización de las variables y en las Tablas 3 a 7, se muestran los indicadores propuestos para cada una de las dimensiones, los que totalizan 70 y

están fundamentados en normas y leyes locales, principios de gobierno corporativo de la OCDE y del Comité de Basilea, prácticas internacionales y las metodologías estudiadas, desde la perspectiva de una combinación de teorías complementarias a la teoría de agencia.

2.4. Instrumentos y su fiabilidad

Se aplicó una encuesta que incluyó en detalle los 70 indicadores propuestos para valorar la calidad del GC de los bancos, distribuidos en cinco dimensiones: efectividad de la junta directiva (EJD-01); función de auditoría interna, riesgo, cumplimiento y auditoría externa (FUA-02); remuneración y beneficios (RB-03); relaciones con los accionistas (RA-04) y relaciones con los grupos de interés (RGI-05), agregando su impacto positivo o negativo en el gobierno corporativo (López & Camacho, 2011). El último apartado incluyó también una escala de importancia para las dimensiones mismas. La encuesta fue respondida con base en criterios reactivos valorados en una escala de Likert de 1-5 (Cañadas & Sánchez, 1998). La fiabilidad del instrumento se midió con el coeficiente estadístico Alpha de Cronbach, con un resultado de 0.961, denotando alta fiabilidad.

2.5. Hipótesis de trabajo

Las hipótesis propuestas se basan en la identificación de diferencias significativas entre grupos constituidos. Para ello se consideraron pruebas de tipo paramétrico, específicamente la T de Student para identificar diferencias entre grupos, ya que según Hernández et al. (2014) “la hipótesis nula es la hipótesis que indica que el patrón encontrado en los datos simplemente se debe a la casualidad” (p.114) o la proposición que establece la no existencia de causas, relaciones o diferencias en el fenómeno estudiado (Creswell, 2009). Por lo cual fue necesario analizar las diferencias entre supervisores y supervisados respecto a las dimensiones e indicadores planteados y sus puntuaciones, ya que su percepción es fundamental en la evaluación de la calidad del GC, derivado de sus características, influenciadas por el rol que desempeñan en estas instituciones. En la Tabla 8, se plantean las respectivas hipótesis, siendo la H_n la hipótesis del investigador y la H₀ la hipótesis nula, expresada de forma implícita:

Tabla 1. Operacionalización de variables de estudio 1.

Variable	Dimensión	Conceptualización	Operacionalización	Ítems	Tipo
Características de los encuestados	Supervisado y supervisor	Son las características del funcionario que determinan su rol en la institución, tales como funcionario de la entidad regulada, desde las gerencias de riesgos, cumplimiento o auditoría interna (supervisado) o bien funcionario de la institución reguladora (supervisor).	Pregunta nominal	0.1 y 0.2	Encuesta
Dimensiones de la calidad del gobierno corporativo	Efectividad de la junta directiva	Obligaciones, responsabilidades, actividades que debe realizar la junta directiva para el logro de los objetivos estratégicos de la institución.	Likert 1. Completamente de acuerdo 2. De acuerdo 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo 4. En desacuerdo 5. Completamente en desacuerdo	1 – 19	
	Función de auditoría, riesgo, cumplimiento	Son los llamados órganos de control, que sirven de apoyo a la junta directiva para asegurarse de la buena marcha del negocio, mediante el cumplimiento normativo de políticas, procedimientos, límites y prácticas éticas.		20 – 32	
	Remuneración y beneficios	Políticas de remuneración y beneficios que la asamblea de accionistas ha aprobado para la junta directiva y ésta, para la alta administración, de tal forma que los incentiven a actuar en favor del interés de los accionistas. Asimismo, políticas de remuneración para funcionarios y empleados que fomenten las buenas prácticas de negocios y la satisfacción laboral.		33 – 43	
	Relaciones con los accionistas	Se trata de los deberes de la junta directiva y la alta administración de velar por los intereses de los accionistas, sin ningún tipo de distinción; trato equitativo, políticas de comunicación, revelación de información, propuesta de elección de miembros de la junta y sus remuneraciones, resolución de conflictos de interés, respeto a los derechos de los accionistas.		44 – 56	
	Relaciones con los grupos de interés	La junta directiva debe procurar mantener las buenas relaciones con los grupos de interés, o sea, todas aquellas partes involucradas de una u otra manera con la entidad, pudiendo ser, los empleados, clientes, competidores, reguladores, proveedores, la sociedad en general.		57 – 70	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Operacionalización de variables de estudio 2.

Variable	Dimensión	Conceptualización	Operacionalización	Ítems	Tipo
Percepción de importancia de las dimensiones de gobierno corporativo	Percepción	Consiste en la valoración que realizaron los funcionarios supervisores y los que laboraban en las entidades financieras (supervisados) en torno a las cinco dimensiones propuestas, cuya funcionalidad son garantía de la fortaleza del gobierno corporativo.	Likert: 1. Muy importante, 2. Importante, 3. Neutral, 4. Poco importante, 5. Menos importante	71.1 - 71.5	Encuesta

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Indicadores dimensión de efectividad de la junta directiva.

	Item/indicador	Justificación
1	Gerente General y Presidente de Junta diferentes (JD) (Sí / No) +	Artículo 31, numeral 6, LSF Honduras. Evitar la concentración de poder.
2	Presidente de JD con liderazgo independiente de la Admon. (Sí / No) +	Evitar concentración de poder del gerente general.
3	Número de directores en la junta directiva (menos de 5, más de 15) -	Fuera del rango mínimo puede haber concentración en la toma de decisiones. Resolución GE No.545/13-07-2016, Artículo 33
4	Número de directoras en el consejo +	Diversidad de puntos de vista en toma de decisiones, igualdad de género.
5	Porcentaje de directores partes relacionadas entre sí, menor al 33% del total de directores consejo -	Artículo 31, numeral 5), mayor porcentaje puede provocar conflictos de interés en la toma de decisiones.
6	Número de directores independientes en la Junta Directiva (uno por cada 5 miembros) (Sí/No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, Artículo 33. Lograr un balance en la toma de decisiones, apoyados por el juicio experto.
7	Número de directores extranjeros en la JD (Bancos de capital extranjero) +	Fomentar la variedad de opiniones y libertad para emitir las.
8	Promedio de edad de los miembros de la Junta directiva +	Mejora de toma de decisiones de la JD por perspectivas más diversas.
9	Número de reuniones ordinarias y extraordinarias celebradas por la junta (mayor de 6 al año) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 24, numeral 11). Mayor nivel de dedicación y compromiso de la JD.
10	Porcentaje de asistencia de los miembros de la JD a las sesiones +	Entre mayor asistencia, mayor compromiso institucional de la JD.
11	Porcentaje de directores con más de nueve años de fungir como tal -	Puede incidir en la falta de independencia y/o afianzamiento de directores.
12	Porcentaje de miembros de la junta directiva que tienen educación relacionada con administración, economía, finanzas o leyes +	Facilidad para la comprensión de las actividades, operaciones y riesgos del banco y mayor soporte para la toma de decisiones.
13	¿Los estatutos fijan las causales por las que se pueda cesar a los directores, obligación de renunciar por daño posible al prestigio del banco? (Sí / No) +	Ley del Sistema Financiero, artículo 115-B, numeral 10. Puede ser causal de liquidación si este director se mantiene como miembro de la junta directiva.
14	¿Los estatutos o reglamento de JD contemplan el alcance de los deberes de fidelidad, lealtad y secreto que deben cumplir los directores? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 27. Es una obligación de los directores.
15	¿Se ha establecido a nivel de JD un procedimiento para la evaluación previa de la idoneidad de los candidatos a directores? (Sí / No) +	Resolución GES No.487/26-06-2017. Requerimientos de información relacionados con el funcionamiento del sistema de gobierno corporativo.
16	¿Cuenta la JD con procedimientos para la evaluación anual de la idoneidad, gestión de comités de directores y gerente general? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 25, numeral 6 y 8. Asegurarse de la buena gestión de la institución.
17	¿El director independiente preside al menos, el comité de auditoría, el comité de riesgos y el comité de gobierno corporativo? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 23. Mayor objetividad en la toma de decisiones.
18	Número de comités integrados al menos por un miembro de la JD +	Mayor nivel de diligencia y compromiso de la Junta Directiva.
19	Número de sesiones anuales de los comités Auditoría, Riesgos, Gobierno Corporativo y Comité de Cumplimiento +	Mayor nivel de dedicación y compromiso de la junta directiva y mayor celeridad para la toma de decisiones.

Nota: El símbolo + - corresponde al impacto que tiene el indicador en la calidad del gobierno corporativo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Indicadores dimensión función de auditoría interna, riesgo, cumplimiento y auditoría externa.

	Item/indicador	Justificación
20	Rotación de la firma auditora en un plazo máximo de 7 años -	Resolución SB No.392/03-03-2011, Normas Auditores Externos, artículo 20. La falta de rotación del auditor podría sugerir relación arraigada con la administración.
21	¿Ha contratado el banco la provisión de otros servicios con la firma de auditoría externa? (Sí / No) -	Resolución SB No.392/03-03-2011, artículo 14. Servicios incompatibles podrían sugerir un conflicto de interés entre el banco y la firma.
22	¿El informe del auditor externo no contiene salvedades y su opinión es limpia? (Sí / No)? +	Si el informe tiene salvedades podría sugerir problemas financieros y ocasionar riesgo de reputación.
23	¿La calificación de riesgos del banco emitida por una agencia es igual a: A, AA, AAA o sus equivalentes? (Sí / No) +	Indicativo del grado de inversión del banco, solvencia para hacer frente a sus compromisos. Resolución BCH No.07-1/2017, artículo 3.
24	Número de acuerdos pendientes de junta directiva y observaciones CNBS, auditoría interna, y auditoría externa -	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 38, numerales 1 y 2. A mayor valor, menor cultura de cumplimiento.
25	¿El Banco cuenta con una unidad de gestión de riesgos con estructura adecuada y personal calificado? (Sí / No) +	Identificación oportuna de exposiciones de riesgo, fortaleza en la gestión del banco.
26	¿El auditor interno reporta directamente a la junta directiva, tiene independencia del gerente general? (Sí / No) +	Resolución No.259/26-03-2002, Unidades de Auditoría Interna, artículo 9. Mayor independencia del auditor para comunicar sus hallazgos.
27	¿El auditor interno participa en todas las reuniones de la JD relacionadas con sus informes, con voz, pero sin voto? (Sí / No) +	Resolución No.259/26-03-2002, artículo 11. Mayor independencia del auditor para comunicar sus hallazgos.
28	¿La unidad de cumplimiento de prevención de LAFT mantiene informado al Comité de Cumplimiento sobre todas las exposiciones relacionadas con este riesgo y de sus mitigantes? (Sí / No) +	Resolución SB No.348/27-04-2016, Reglamento Ley contra el Lavado de Activos, artículo 12. La identificación oportuna de prácticas riesgosas y su mitigación reducen la exposición del banco al riesgo de LAFT.
29	¿Presenta el gerente general a la JD o al comité de políticas de selección de personal y ejecutivos clave, la evaluación anual de los funcionarios que reportan a él? Sí / No +	Resolución GE No.545/13-07 -2016, artículo 31, numeral 3. Seguimiento al desempeño e idoneidad de los funcionarios clave.
30	¿La Junta Directiva se ha asegurado de que el banco cuenta con una planeación estratégica a mediano plazo y realiza seguimiento continuo de la misma? +	Resolución GE No.545/13-07 -2016, Reglamento de Gobierno Corporativo, artículo 5, numeral 1. Como elemento mínimo de un buen gobierno corporativo, se debe contar con una planificación estratégica y darle seguimiento.
31	¿La solvencia de la institución es superior a los límites establecidos por el ente regulador? (Sí / No) +	Ley del Sistema financiero, artículo 104, numeral 10. Una solvencia inferior es causal de plan de regularización. Indicador de fortaleza patrimonial.
32	¿El banco tiene insuficiencias de reservas para créditos o de otro tipo y/o ajustes a sus estados financieros por CNBS, AI, AE o riesgos? (Sí / No) -	Dependiendo del monto, puede disminuir significativamente la solvencia.

Nota: El símbolo + - corresponde al impacto que tiene el indicador en la calidad del gobierno corporativo.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Indicadores dimensión de remuneración y beneficios.

Item/indicador	Justificación
33 ¿La compensación del gerente general está establecida con base a resultados? (Sí / No) +	Incentivo para el gerente general para procurar un buen desempeño del banco.
34 Salario nominal del gerente general -	Podría sugerir una falta de supervisión sólida sobre el pago del ejecutivo
35 Porcentaje del salario del gerente general entre las utilidades netas de impuestos -	Podría sugerir una falta de supervisión sólida sobre el pago del ejecutivo
36 Remuneración promedio de los directores de junta directiva -	Podría sugerir una falta de robustez supervisión sobre el pago ejecutivo
37 Remuneración promedio de los principales funcionarios o ejecutivos clave +	Podría reducir la rotación de ejecutivos, fomentar mayor compromiso
38 ¿Participa el director independiente en el comité de compensación? (Sí / No) +	Independencia y objetividad en el establecimiento de las compensaciones a funcionarios y empleados.
39 Número de miembros del comité de compensación +	Mayor nivel de experiencia y diversidad de opiniones.
40 Número de reuniones anuales del comité de compensación +	Mayor nivel de diligencia y compromiso del comité de compensación
41 Remuneración promedio de cajeros. +	Puede disminuir la rotación de este tipo de personal.
42 ¿La remuneración de los ejecutivos de negocios está basada en metas de colocación y a su vez, se aplica un porcentaje de castigo por la cartera en mora? +	Se evitan incentivos de crecimiento mediante deudores sin capacidad de pago.
43 Clasificación del personal por rangos de salarios:	
De \$250 a \$1000 -	Un bajo nivel de salarios puede influir negativamente en el clima laboral e incrementar la rotación del personal.
De \$1001 a \$2000 +	Un alto nivel de salarios puede influir positivamente en el clima laboral y disminuir la rotación del personal.
De \$2001 adelante +	Un alto nivel de salarios puede influir positivamente en el clima laboral y disminuir la rotación del personal.

Nota: El símbolo + - corresponde al impacto que tiene el indicador en la calidad del gobierno corporativo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Indicadores dimensión de relaciones con los accionistas.

Item/indicador	Justificación
44 ¿Los estatutos sociales contienen el principio de una acción un voto? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 10. Protección de los accionistas minoritarios.
45 ¿Los estatutos reconocen a la asamblea de accionistas como órgano supremo de la sociedad, sus facultades: el nombramiento o remoción de los directores, comisarios y director independiente y la aprobación de la política de retribución de estos? +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 6, numeral 6. Es un derecho básico de los accionistas.
46 ¿El Banco ha establecido políticas y procedimientos para facilitar la comunicación con los accionistas, a fin de que éstos puedan requerir información, salvo la confidencial, plantear propuestas de interés para la institución, además de la información obligatoria que se debe proporcionar al celebrarse la asamblea de accionistas? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 7. Mayor poder para los accionistas minoritarios, acceso igualitario de la información del banco.
47 ¿Se tienen estipulados los métodos de registro de la propiedad accionaria y se mantiene debidamente actualizado el libro de accionistas? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 6. Derechos básicos de los accionistas.
48 ¿Los estatutos contemplan el derecho que tienen los accionistas de traspasar o transferir acciones y recibir oportunamente los certificados de suscripción? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 6. Derechos básicos de los accionistas.
49 ¿Los estatutos contemplan y se garantiza que se cumpla el derecho que tienen los accionistas de participar y votar en las asambleas generales de accionistas? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículos 6, 8 y 10. Derechos básicos de los accionistas.
50 ¿Los estatutos contemplan el deber de revelar a las asambleas generales de accionistas, los convenios de capital que permitan a uno o más accionistas ejercer un control desproporcionado con relación a su participación accionaria? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículos 6 y 12. Protección de los intereses de los accionistas minoritarios.
51 Beneficio por acción (utilidades netas / número de acciones en circulación) +	JD y gerencia comprometidos con los intereses de los accionistas.
52 ¿Se tiene establecido un mecanismo de arbitraje para resolver los conflictos de interés o controversias que surjan entre los accionistas? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 17. Resolución de problemas antes de que afecten el banco.
53 Número de controversias sobre los derechos de los accionistas -	Indicativo de problemas en las relaciones entre JD y accionistas.
54 ¿Los emolumentos de los miembros de la junta directiva son aprobados por la asamblea de accionistas? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 6. La JD toma en consideración las perspectivas de los accionistas.
55 ¿La junta directiva ha establecido políticas que determinan el alcance de los deberes de fidelidad, lealtad, confidencialidad y secretividad que deben cumplir los accionistas en sus transacciones con el banco o entre sí? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 13 y 19. Protección de los intereses de la institución.
56 Número de accionistas -	Un número muy alto puede dificultar la toma de decisiones.

Nota: El símbolo + - corresponde al impacto que tiene el indicador en la calidad del gobierno corporativo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Indicadores dimensión relaciones con los grupos de interés.

	Item/indicador	Justificación
57	Número de empleados de la entidad clasificados por género: Género masculino -, género femenino +	Fomentar igualdad de género. (Pacto Mundial de las Naciones Unidas)
58	Número de empleados de la entidad clasificados por nivel de educación: Postgrado +, universitaria +, secundaria -, primaria -	Mayor educación, mayor desarrollo y mejor desempeño. Menor educación, menor desarrollo y desempeño.
59	Clasificación de los empleados por su permanencia: Menos de 1 año -, de 1 año a 3 años +, más de 3 años +	Menor o mayor pericia para la realización de las operaciones.
60	Tasa de rotación del personal -	Puede ser un indicativo de mal ambiente laboral.
61	Número de capacitaciones a nivel institucional (incluyendo directores) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 5, numeral 8.
62	¿El Banco ha desarrollado un plan de carrera para el personal? +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 44. El desarrollo profesional de los empleados puede mejorar el clima laboral.
63	¿Cuenta el banco con un plan de sucesión para los puestos claves? +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 31, numeral 4. Indicativo de buen gobierno que la institución no dependa de pocas personas.
64	¿El Banco ha comunicado a todos los niveles organizacionales, la misión, visión, objetivos estratégicos, valores corporativos, y el código de ética y conducta? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículos 5, numeral 2, 37, numeral 1, 44 y 45. Todos los niveles organizacionales deben conocer la misión, visión, objetivos y las normas de conducta que deben seguir.
65	¿El Banco cuenta con un organigrama institucional, se han definido las responsabilidades y se han dado a conocer a todos los niveles? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 37, numeral 1. Indica la fortaleza del control interno.
66	¿Se cuenta con un procedimiento o herramienta tecnológica que los empleados puedan comunicar situaciones de comportamiento antiético o prácticas cuestionables de forma anónima a la junta directiva? (Sí / No) +	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 25, numeral 9. Es una responsabilidad de la junta directiva como práctica de buen gobierno, dar seguimiento a las denuncias de fraudes e irregularidades.
67	Monto invertido por el banco en ayuda para proyectos de beneficio social y protección al medio ambiente +	Compromiso de la institución con los más necesitados, un indicativo de su responsabilidad social. (Pacto Mundial de las Naciones Unidas)
68	Número de sanciones, multas o amonestaciones recibidas por el banco por parte de CNBS, SAR, BCH y otros durante los últimos 3 años -	Un mayor valor puede ser un indicativo de falta de cultura de cumplimiento de la institución.
69	Cumplimiento de criterios GRI (Sí / No) +	Un compromiso de informar problemas de sostenibilidad
70	Número de quejas y/o reclamos interpuestos por los usuarios de los servicios financieros en la institución -	Resolución GE No.545/13-07-2016, artículo 48, numeral 1. Es un derecho de los usuarios de los servicios financieros.

Nota: El símbolo + - corresponde al impacto que tiene el indicador en la calidad del gobierno corporativo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Descripción de las hipótesis.

Tipo de hipótesis	Descripción
H1	Sí existen diferencias significativas entre la opinión de los supervisores y los supervisados en cuanto a la eficacia de la junta directiva.
H2	Sí existen diferencias significativas entre la opinión de los supervisores y los supervisados en cuanto a la función de auditoría interna, riesgo, cumplimiento y auditoría externa.
H3	Sí existen diferencias significativas entre la opinión de los supervisores y los supervisados en cuanto a la dimensión de remuneración y beneficios.
H4	Sí existen diferencias significativas entre la opinión de los supervisores y los supervisados en cuanto a las relaciones con los accionistas.
H5	Sí existen diferencias significativas entre la opinión de los supervisores y los supervisados en cuanto a la relación con los grupos de interés.

Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados y discusión

3.1. Percepción general sobre las dimensiones de gobierno corporativo

En la Tabla 9 se muestran los valores relativos al juicio de los encuestados, en lo referente a las dimensiones que componen el gobierno corporativo. A nivel global, la dimensión RA-04 posee la puntuación y el peso más alto, lo que significa que es la de mayor importancia para los encuestados. Tres de las restantes dimensiones presentan puntuaciones que superan el 88%; la categoría de RB-03 muestra la puntuación y el peso más bajos.

Tabla 9. Puntuación de las dimensiones de gobierno corporativo.

Dimensión	Código	Puntuación media	Porcentaje	Peso ponderado
Relaciones con los accionistas	RA-04	4.51	90.17	20.73
Efectividad de la junta directiva	EJD-01	4.45	88.91	20.44
Relaciones con los grupos de interés	RGI-05	4.44	88.86	20.42
Función de auditoría, riesgo, cumplimiento y auditoría externa	FUA-02	4.42	88.41	20.32
Remuneración y beneficios	RB-03	3.94	78.70	18.09

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Percepción general sobre indicadores de gobierno corporativo

En las Tablas 10 a la 14 se presentan los 70 indicadores propuestos para evaluar el gobierno corporativo estructurados por dimensión, los que obtuvieron puntuaciones medias globales superiores a 3.5 en una escala de Likert de 1–5 y se reflejan las diferencias entre el juicio de supervisores y supervisados. En general, solamente 10 de los 70 indicadores obtuvieron puntuaciones entre 3 y 4 de la escala, los cuales se pueden eliminar o analizar en mayor profundidad con un panel de expertos.

Tabla 10. Indicadores sobre percepción de efectividad de la junta directiva (EFD).

Indicador	Media global	Desviación típica	Varianza	Puntuaciones medias	
				Supervisados	Supervisores
1.	4.673	.5912	.349	5.000	4.273
2.	4.612	.8616	.742	4.741	4.455
3.	4.551	.6789	.461	4.815	4.227
4.	4.020	1.0306	1.062	4.185	3.818
5.	4.367	.7825	.612	4.630	4.045
6.	4.367	.9936	.987	4.630	4.045
7.	3.898	1.0655	1.135	4.000	3.773
8.	3.939	.8993	.809	4.074	3.773
9.	4.633	.6019	.362	4.778	4.455
10.	4.837	.5143	.264	4.889	4.773
11.	3.837	.9431	.889	4.037	3.591
12.	4.673	.6579	.433	4.852	4.455
13.	4.653	.7232	.523	4.852	4.409
14.	4.673	.6254	.391	4.815	4.500
15.	4.694	.5847	.342	4.926	4.409
16.	4.204	1.1361	1.291	4.556	3.773
17.	4.531	.9377	.879	4.593	4.455
18.	4.694	.5847	.342	4.778	4.591
19.	4.612	.7308	.534	4.852	4.318
Promedio	4.446			4.632	4.218

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Indicadores sobre percepción de Función de Auditoría (FUA-02).

Indicador	Media global	Desviación típica	Varianza	Puntuaciones medias	
				Supervisados	Supervisores
20.	4.224	1.0659	1.136	3.955	4.444
21.	4.102	1.0457	1.094	3.909	4.259
22.	4.224	1.0260	1.053	4.045	4.370
23.	4.388	.8854	.784	4.364	4.407
24.	4.490	.7107	.505	4.136	4.778
25.	4.571	.8165	.667	4.318	4.778
26.	4.633	.8826	.779	4.409	4.815
27.	4.469	.8441	.713	4.364	4.556
28.	4.796	.4555	.207	4.591	4.963
29.	4.286	.8660	.750	4.000	4.519
30.	4.612	.6713	.451	4.364	4.815
31.	4.653	.6630	.440	4.455	4.815
32.	4.020	1.3461	1.812	3.455	4.481
Promedio	4.421			4.182	4.615

Fuente: Elaboración propia.

En la dimensión de Efectividad de la Junta Directiva (EJD-01) solamente los indicadores: 7 (...directores extranjeros en la junta directiva...), 8 (...edad promedio de los miembros de junta

directiva) y 11 (...directores con más de 9 años de fungir...) obtuvieron puntuaciones moderadas (por debajo de la escala 4); esos valores están fuertemente influenciados por la calificación realizada por los supervisores, quienes, además, valoraron moderadamente los indicadores 4 (número de directoras en el consejo) y 16 (...procedimientos para la evaluación anual de la idoneidad...), los que, por su importancia, requieren de un análisis en profundidad.

A nivel global, todos los indicadores de la FUA-02 obtuvieron puntuaciones altas (superiores a 4). No obstante, los supervisados valoraron los indicadores 20 (Rotación de la firma auditora...), 21(...provisión de otros servicios con la firma...) y 32 (...insuficiencias de reservas para créditos o de otro tipo...) con puntuaciones moderadas (inferiores a 4) siendo el 32 el más bajo, lo que es congruente con el rol que desempeñan los supervisados.

Tabla 12. Indicadores sobre percepción de remuneración y beneficios (RB-03).

Indicador	Media global	Desviación típica	Varianza	Puntuaciones medias	
				Supervisados	Supervisores
33.	3.878	1.0335	1.068	4.000	3.727
34.	3.653	.9476	.898	3.926	3.318
35.	3.592	1.0591	1.122	4.037	3.045
36.	3.571	.9789	.958	3.741	3.364
37.	4.286	.7906	.625	4.519	4.000
38.	3.837	1.1058	1.223	4.259	3.318
39.	4.000	1.0000	1.000	4.333	3.591
40.	3.898	1.1039	1.219	4.259	3.455
41.	4.020	1.0102	1.020	4.407	3.545
42.	4.265	1.0950	1.199	4.556	3.909
43.	4.286	.8416	.708	4.593	3.909
Promedio	3.935			4.239	3.562

Fuente: Elaboración propia.

En la dimensión RB-03, los indicadores 33 (compensación del gerente general...), 34 (salario nominal del gerente general), 35 (...salario del gerente general entre utilidades...), 36 (remuneración promedio directores...), 38 (participación director independiente en el comité de compensación) y el 40 (... reuniones anuales comité de compensación) poseen puntuaciones moderadas a nivel general (inferiores a 4, pero superiores a 3.5), acentuadas en las valoraciones de los supervisores. Estos resultados no son congruentes con lo que establece la teoría de los *stakeholders* acerca del control de los accionistas sobre los administradores (Muth & Donaldson, 1998) por medio de la remuneración (Hart, 1995).

Todos los indicadores para la dimensión RA-04 obtuvieron puntuaciones altas (superiores a 4), solamente el 53 (...controversias sobre los derechos de los accionistas) y el 56 (número de accionistas) poseen puntuaciones moderadas en la valoración otorgada por los supervisores. Lo anterior, puede estar influenciado por el rol de los supervisores, a quienes corresponde velar por los derechos de los depositantes. No obstante, las bases de la teoría de agencia se sustentan en la protección de los derechos de los accionistas (Shleifer & Vishny, 1995; Gompers et al., 2003), por lo que se considera que estos indicadores deben integrarse en la valoración.

Tabla 13. Puntuaciones sobre relaciones con los accionistas (RA-04).

Indicador	Media global	Desviación típica	Varianza	Puntuaciones medias	
				Supervisados	Supervisores
44.	4.551	.6789	.461	4.741	4.318
45.	4.776	.4216	.178	4.852	4.682
46.	4.612	.6395	.409	4.704	4.500
47.	4.673	.5912	.349	4.704	4.636
48.	4.653	.5609	.315	4.704	4.591
49.	4.735	.4906	.241	4.852	4.591
50.	4.449	.8675	.753	4.556	4.318
51.	4.469	.6488	.421	4.667	4.227
52.	4.408	.8396	.705	4.519	4.273
53.	4.000	1.0408	1.083	4.481	3.409
54.	4.653	.5609	.315	4.815	4.455
55.	4.510	.7671	.588	4.630	4.364
56.	4.122	.8811	.776	4.407	3.773
Promedio	4.509			4.664	4.318

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Puntuaciones sobre relaciones con los grupos de interés (RGI-05).

Indicador	Media global	Desviación típica	Varianza	Puntuaciones medias	
				Supervisados	Supervisores
57	3.796	1.1722	1.374	3.852	3.727
58	4.388	.9534	.909	4.556	4.182
59	4.367	.8086	.654	4.444	4.273
60	4.408	.8641	.747	4.593	4.182
61	4.510	.8196	.672	4.630	4.364
62	4.469	.7933	.620	4.667	4.227
63	4.653	.7232	.523	4.778	4.500
64	4.633	.7273	.529	4.741	4.500
65	4.755	.4800	.230	4.889	4.591
66	4.571	.7638	.583	4.593	4.545
67	4.408	.8396	.705	4.444	4.364
68	4.388	.8616	.742	4.556	4.182
69	4.531	.6801	.463	4.667	4.364
70	4.327	.8988	.808	4.593	4.000
Promedio	4.443			4.572	4.286

Fuente: Elaboración propia.

En los indicadores para la dimensión RGI-05, ambos grupos de encuestados otorgaron valoraciones moderadas al indicador 57 (...empleados de la entidad clasificados por género), tendiendo a la neutralidad, los dos concuerdan en que el indicador no es de gran importancia; sin embargo, el Pacto Mundial de las Naciones Unidas promulga la igualdad de género (ONU, 2010).

3.3. Pruebas de normalidad para los factores

Para determinar la normalidad en la distribución de datos considerando el tamaño de la población encuestada, se procedió a una transformación de datos para determinar normalidad bajo el estadístico de Shapiro Wilk, considerando que éste se utiliza en muestras inferiores a 50 casos. Dicha transformación se realizó bajo el enfoque de *Two-Step* (dos pasos) para transformar variables continuas a normales.

El *Two-Step* ofrece el potencial de transformar variables observadas hacia la normalidad estadística y la realización de efectos posteriores en los hallazgos del estudio, tales como tamaños del efecto, principalmente, como lo es en este caso (Templeton, 2011); este funciona así: Paso 1: Transformación a la uniformidad y Paso 2: Transformación a la normalidad (desde la uniformidad), por ello se reporta en seguida los valores estadísticos resultantes.

Tabla 15. Normalidad de las variables.

	Estadísticos de referencia				
	Media	Desviación Estándar	Shapiro Wilk	GL	<i>p</i>
1. Efectividad de la junta directiva (EJD-01)	4.444	0.528	0.992	49	0.986
2. Función de auditoría interna, riesgo, cumplimiento y auditoría externa (FUA-02)	4.444	0.503	0.98	49	0.56
3. Remuneración y beneficios (RB-03)	3.962	0.613	0.983	49	0.677
4. Relaciones con los accionistas (RA-04)	4.518	0.408	0.943	49	0.019
5. Relación con los grupos de interés (RGI-05)	4.461	0.541	0.966	49	0.163

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, las pruebas de normalidad posterior al *Two-Step*, considerando el estadístico de Shapiro Wilk, los grados de libertad (GL) y el p-valor, hacen referencia a que cuatro de los factores presentan normalidad, exceptuando uno de ellos (RA-04); sin embargo, este último tiende a la normalidad, por consiguiente, la normalidad en la distribución de datos es favorable para posteriores pruebas paramétricas que se presentan a continuación.

3.4. Diferencias significativas entre supervisados y supervisores

En la Tabla 16 se muestra que en cuatro dimensiones la prueba de Levene reportó homogeneidad de varianzas y el nivel de significancia a seleccionar de la prueba t de Student es menor al alfa ($\alpha=0.05$) lo que comprueba la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la opinión de supervisores y supervisados y con ello se acepta la hipótesis del investigador. En el caso de la dimensión RGI-05, el nivel de significancia de la prueba t es superior al alfa ($\alpha=0.05$), lo que indica la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas y con ello se rechaza la hipótesis del investigador. Por lo cual, la entidad para la que trabaja el encuestado (o sea, su rol) no afecta su respuesta.

También, la prueba del tamaño del efecto de Cohen reportó un efecto grande de la variable independiente sobre la variable dependiente en las cuatro dimensiones ya señaladas, lo que significa que las diferencias entre las medias de los grupos son congruentes con el tipo de institución para la cual labora el encuestado. El rol del encuestado afecta su respuesta, pero no debe interpretarse como causalidad (Clark-Carter, 2002).

Tabla 16. Resumen aplicación prueba t de Student.

Dimensión	Prueba de Levene	Nivel de significancia prueba t	Efecto Cohen
1. Efectividad de la junta directiva (EJD-01)	$P = 0.317$	$P = 0.001$	$d = 0.976$
2. Función de auditoría interna, riesgo, cumplimiento y auditoría externa (FUA-02)	$P = 0.192$	$P = 0.002$	$d = 0.926$
3. Remuneración y beneficios (RB-03)	$P = 0.198$	$P = 0.000$	$d = 1.268$
4. Relaciones con los accionistas (RA-04)	$P = 0.747$	$P = 0.005$	$d = 0.840$
5. Relación con los grupos de interés (RGI-05)	$P = 0.940$	$P = 0.08$	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Determinación del índice de calidad del gobierno corporativo de los bancos hondureños

Para el logro del tercer objetivo, relacionado con la creación de un índice de calidad del GC se tomaron en consideración los indicadores con puntuaciones por encima de 3.5; en este caso, los 70 indicadores propuestos superaron ese umbral. Si bien se identificaron diferencias entre el juicio de los supervisores y el de los supervisados, estas se deben a su rol laboral. Asimismo, se consideró el peso ponderado de las cinco dimensiones de GC calculado conforme se indica en la Tabla 9 y se aplicó la ecuación [2] detallada en la metodología, a los datos que tres bancos del sistema financiero hondureño proporcionaron de forma anónima, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Índices y Subíndices de Calidad del Gobierno Corporativo.

Subíndices de Gobierno Corporativo	Banco XL	Banco ML	Banco CL
Efectividad de la Junta Directiva (EJD-01)	133.58	124.42	126.64
Función de Auditoría Interna, Riesgos, Cumplimiento (FUA)	140.68	125.05	186.41
Remuneración y Beneficios (RB-03)	72.55	74.97	135.57
Relaciones con los Accionistas (RA-04)	159.46	181.27	201.01
Relaciones con los Grupos de Interés (RGI-05)	110.74	156.50	95.74
Índice de Calidad del Gobierno Corporativo (ICGC)	617.01	662.19	745.37

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 17, para los tres bancos la dimensión con mayor fortaleza es la RA-04. En los Bancos XL y CL el segundo lugar es para la FUA-02 y para el Banco ML, la dimensión RGI-05. En el lugar con menor fortaleza los bancos XL y ML ubican a la dimensión RB-03 y el Banco CL a la RGI-05, lo que significa que es la dimensión en la que estos bancos deben mejorar sus prácticas de gobierno corporativo. A pesar de no contar con los datos de los 15 bancos que conforman el sistema bancario de Honduras, los resultados para estos tres bancos son congruentes con su tamaño y trayectoria en el sector. En cuanto al ICGC, el Banco CL es el que obtuvo el índice más

alto, lo que significa que su gobernanza es más fuerte, pero debe trabajar en fortalecer las relaciones con los grupos de interés.

Tal como se refleja en la Tabla 18, al comparar el ICGC y el IAC, que es una medida de la solvencia institucional, expresada por la relación entre los recursos propios y los activos ponderados por riesgo, conforme los estándares del Comité de Basilea en sus acuerdos de capital I, II y III (Bank for International Settlements, 1988, 2004, 2017), se observa una tendencia similar en los indicadores de estos tres bancos, en la que el banco con ICGC más alto, refleja un IAC mayor. Sin embargo, por la escasez de los datos, no se puede concluir que existe una correlación positiva entre el ICGC y el IAC.

Tabla 18. Índice de adecuación de capital noviembre de 2020.

Descripción	Banco XL	Banco ML	Banco CL
Índice de adecuación de capital (CNBS, 2020)	14.58	14.75	38.85
Índice de Calidad del Gobierno Corporativo (ICGC)	617.01	662.19	745.37

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones o consideraciones finales

Evaluar y analizar las buenas prácticas de gobierno corporativo de las organizaciones contribuye a apoyar sus estrategias para poder cumplir con los objetivos. Los bancos son entidades que juegan un rol protagonista en la economía de un país y dada su importancia, el desarrollo de buenas prácticas corporativas, la ética en el negocio, la transparencia en sus actividades y la responsabilidad social depende de la aplicación de herramientas que permitan su evaluación, pero, además, de la comunicación y publicación de los informes.

En tal sentido, el primer objetivo de esta investigación intentó determinar las dimensiones e indicadores de gobierno corporativo (GC) de mayor importancia según el juicio de los supervisores y supervisados del sistema bancario de Honduras, desde la perspectiva de la combinación de varias teorías complementarias a la teoría de agencia. La dimensión de mayor importancia para los encuestados es la de Relaciones con los Accionistas, con un peso ponderado de 20.73%. Seguidamente, la Efectividad de la Junta Directiva, con un peso de 20.44%. En tercer lugar, las relaciones con los grupos de interés, con un peso de 20.42%. El cuarto lugar es para la Función de Auditoría, Riesgo, Cumplimiento y Auditoría Externa, con un peso de 20.32%. El último lugar es para la dimensión de Remuneraciones y Beneficios, con un peso de 18.09%. Los pesos determinados serán de utilidad para el cálculo del índice de calidad del gobierno corporativo (ICGC). Por su parte, de los 70 indicadores propuestos para evaluar el GC, 10 de ellos obtuvieron puntuaciones globales medias superiores a 3.5 en la escala de Likert de 1-5, los cuales pueden eliminarse o analizarse en mayor profundidad con un panel de expertos previo a su inclusión o eliminación del cálculo del ICGC debido a sus puntuaciones moderadas. No obstante, el 86% de los indicadores posee puntuaciones medias altas, denotando una cantidad robusta de indicadores para medir la calidad del GC de los bancos en Honduras.

Empleando este modelo de setenta indicadores agrupados en cinco dimensiones que mostraron robustez a partir de la prueba de fiabilidad utilizada (Alpha de Cronbach) y las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk, modelo *Two-Step*), las entidades bancarias podrán destinar recursos y esfuerzos en potenciar las buenas prácticas de gobierno corporativo que las hagan diferenciarse, ser más competitivas, demostrar que son transparentes en sus acciones, ganándose con esto la confianza de sus grupos de interés; y por su parte, los supervisores podrán efectuar el seguimiento oportuno a la calidad del GC de estas instituciones y aplicar las acciones correctivas necesarias. Los resultados denotan que los encuestados concuerdan implícitamente, que una evaluación integral del gobierno corporativo debe

ser holística, y abordarse desde la perspectiva de una combinación de teorías, en este caso, las teorías de agencia, grupos de interés, *stewardship*, dependencia de recursos, legitimidad, contrato social, rendición de cuentas, riesgo e incertidumbre, comportamiento organizacional y teoría política y desarrollar indicadores adscritos a ellas. Su abordaje desde una sola teoría resulta insuficiente.

En lo relacionado con el segundo objetivo, referente a las diferencias significativas entre el juicio de supervisados y supervisores sobre las dimensiones e indicadores de gobierno corporativo, se observó que en cuatro dimensiones existen diferencias significativas, por lo que se acepta la hipótesis del investigador. No obstante, la dimensión de Relaciones con los Grupos de Interés reflejó inexistencia de diferencias significativas; rechazándose la hipótesis del investigador. La diferencia en los criterios se considera normal, puesto que la perspectiva de los supervisores puede ser más amplia al contar con mayores elementos comparativos; a diferencia de los supervisados, que se ajustan a su propia realidad institucional. Esto significa, que, para contar con un índice global de la calidad del gobierno corporativo debidamente sustentado, debe tenerse en cuenta la percepción de supervisores y supervisados sobre cada dimensión e indicador que lo integre.

En cuanto al tercer objetivo relacionado con la creación de un índice de calidad del GC para los bancos hondureños, se tomaron en consideración los 70 indicadores propuestos, ya que todos superan el umbral de 3.5, que es la puntuación media global y se aplicó la metodología de valoración indicada para calcular el ICGC. Se calculó el índice a tres bancos de sistema financiero hondureño que proporcionaron sus datos para cada uno de los 70 indicadores para probar la metodología; los resultados reflejan que para los tres bancos la dimensión con mayor fortaleza es la de Relaciones con los Accionistas, lo cual es congruente con la teoría de agencia, que privilegia la relación accionista-administrador y la teoría política, relacionada con los derechos de voto. En segundo lugar, la dimensión de mayor fortaleza en dos bancos es la Función de Auditoría, adscrita a la teoría de *accountability* o rendición de cuentas y para uno de los bancos analizados es la dimensión Relaciones con los Grupos de Interés, coherente con la teoría del mismo nombre y la teoría del contrato social.

Finalmente, la dimensión con menor fortaleza en dos de los bancos analizados es la de Remuneración y Beneficios. Este resultado es interesante pues denota que, a pesar de que los indicadores para esta dimensión se basaron en la teoría del comportamiento organizacional, que privilegia el bienestar de los empleados, no hubo sesgo en las respuestas; no obstante, no deja de sorprender que para estos bancos el bienestar de sus trabajadores no sea una prioridad, por la importancia que representa el recurso humano en toda entidad, principalmente en las entidades supervisadas. Podría inferirse que el hecho de estar operando en un mercado laboral donde la oferta de trabajo para el segmento es abundante, puede influir en el bajo nivel de remuneraciones; no obstante, se requiere profundizar en su estudio.

Aun cuando no se dispuso de la información para los 15 bancos que conforman el sistema bancario de Honduras, los resultados para estos tres bancos son congruentes con su tamaño y trayectoria en el sector. Así también, se realizó una comparación entre el ICGC y la solvencia institucional, con la que se observó una tendencia similar en los indicadores de estos tres bancos, en la que el banco con ICGC más alto, refleja una solvencia mayor. Sin embargo, por la escasez de los datos, no se puede concluir que existe una correlación positiva entre el ICGC y la solvencia.

La disposición de un índice de calidad del GC puede dar paso a estudios en los que se relacione el gobierno con el desempeño financiero o con la solvencia de una institución bancaria hondureña, o con cada una de sus dimensiones o subíndices. Es por eso que el conjunto de dimensiones e indicadores propuestos en esta investigación son tan importantes, ya que al utilizar varias teorías significativas para su construcción se logró abarcar un amplio abanico de ejes temáticos que influyen en las organizaciones y en la calidad del GC, haciendo que la cobertura de los distintos estadios o situaciones que ocurren en ellas puedan ser evaluados y analizados.

Una limitante de este estudio es la obtención de la información de parte de las instituciones supervisadas para calcular el ICGC, ya que no toda se publica y existe cierto recelo de estas entidades

para compartirla. Otra limitante es que las encuestas solamente fueron aplicadas a funcionarios del sector bancario, aunque esta investigación podría extenderse a otras entidades del sistema financiero supervisado, del mercado de valores o del sector cooperativo de Honduras.

Referencias

- Acosta, G. (2018). Gobierno corporativo y poder desde la perspectiva de la teoría de agencia. *Ciencias Administrativas*, 11, 41-54. <http://bit.ly/3sqaRos>
- Agüero, J. (2009). Gobierno corporativo: Una aproximación al estado del debate. *Revista Científica Visión de Futuro*, 11(1), 1-24. <https://bit.ly/3pKPAUU>
- Banco Central de Honduras [BCH] (2019). *Honduras en Cifras*. *<https://bit.ly/3pXUZIIs>
- Banco de Pagos Internacionales (2015). *Principios de Gobierno Corporativo para Bancos*. https://www.bis.org/bcbs/publ/d328_es.pdf
- Bank for International Settlements, Basel Committee on Banking Supervision (1988, 2004, 2017). International Convergence of Capital Measurements and Capital Standards. <https://www.bis.org/publ/bcbs04a.pdf>
- Bolsa de Valores de Lima [BVL] (2020). *Índice de buen gobierno corporativo*. https://www.bvl.com.pe/ipgc/IBGC_nuevo_formato.pdf
- Canto de Gante, A., Sosa, W., Bautista, J., Castillo, J., & Santillán, A (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de la Alta Tecnología y Sociedad*, 38(12), 38-45. <https://bit.ly/30DQUSp>
- Cañadas, I., & Sánchez, A. (1998). Categorías de Respuesta en Escalas Tipo Likert. *Psicothema*, 10(3), 623-631. <http://www.psicothema.com/pdf/191.pdf>
- Carvalho da Silva, A., & Pereira, R. (2005). Corporate governance index, firm valuation and performance in Brazil. *Revista Brasileira de Finanças*, 3(1), 1-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3058/30582471400>
- Cerdas, D., & Montero, E. (2017). Uso del modelo de Rasch para la construcción de tablas de especificaciones: Propuesta metodológica aplicada a una prueba de selección universitaria. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(1), 79-95. <https://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i1.27299>
- Clark-Carter, D. (2002). *Investigación cuantitativa en psicología*. México, D.F.: Oxford University Press.
- Comisión Nacional de Bancos y Seguros [CNBS] (2016). Resolución CNBS GE No.545/13-07-2016, Reglamento de Gobierno Corporativo. <https://www.cnbs.gob.hn/blog/circulares/circular-cnbs-no-0302016/>
- Comisión Nacional de Bancos y Seguros [CNBS] (2020). *Estadísticas*. <https://www.cnbs.gob.hn/estadisticas/>
- Creswell, J. (2009). *Research design. Qualitative, quantitative, and mixed method approaches*. Third Edition. Thousand Oaks, California, United States of America: Sage Publications, Inc.

- Dailey, R. (2012). *Comportamiento Organizacional*. Reino Unido: Escuela de Negocios de Edimburgo. <http://bit.ly/3sjt0V2>
- De la Torre, C. (2017). Responsabilidad social corporativa y auditoría interna. *Revista Institucional de Investigación Metanoia: Ciencia, Tecnología, Innovación*, 3(3), 113-126. <https://bit.ly/3uudUxJ>
- Dedu, V., & Chitan, G. (2013). The influence of internal corporate governance on bank performance. An empirical analysis for Romania. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 99, 1114-1123. Recuperado de <http://bit.ly/3dEISNR>
- Di Miceli da Silveira, A., Pereira, R., Carvalhal, A., & Barros, L. (2007). *Evolution and determinants of firm-level corporate governance quality in Brazil*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.995764>
- Donaldson, L., & Davis, J. (1991). Stewardship theory or agency theory. *Australian Journal of Management*, 16(1), 49-64. <https://bit.ly/37CxEPH>
- Florackis, C., & Palotás, K. (2010). Corporate governance and performance. *Advances in Quantitative Analysis of Finance and Accounting*, 10, 1-38. <https://ssrn.com/abstract=1712068>
- Freeman, R. (1984). *Strategic management. A stakeholder approach*. New York, United States of America: Cambridge University Press 2010. <https://bit.ly/3w8maVj>
- Gompers, P., Ishii, J., & Metrick, A. (2003). Corporate governance and equity prices. *Quarterly Journal of Economics*, 118(1), 107-155. <http://bit.ly/3pMuHIT>
- Hart, O. (1995). Corporate governance: Some theory and implications. *The Economic Journal*, 105(430), 678-689. <https://doi.org/10.2307/2235027>
- Heras, A., & Teira, D. (2015). ¿Cómo mide el riesgo el observador imparcial? *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 47(139), 47-65. <http://bit.ly/3qTpr7G>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Instituto Iberoamericano de Mercados de Valores (2015). *El Gobierno Corporativo en Iberoamérica*. Madrid, España: Fundación Instituto Iberoamericano de Mercados de Valores (IIMV). <https://bit.ly/3pOLmve>
- Klein, L., & Pereira, A. (2016). The survival of interorganizational networks: A proposal based on resource dependence theory. *Revista de Administração Mackenzie*, 17(4), 153-175. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-69712016/administracao.v17n4p153-175>
- Lefort, F. (2003). Gobierno corporativo: ¿Qué es? y ¿Cómo andamos por casa? *Cuadernos de economía*, 40(120), 207-237. <http://bit.ly/3pJC4kd>
- Lizcano, J. (2006). *Buen gobierno y responsabilidad social corporativa*. *Partida Doble*, 182, 20-35. http://aece.es/old/comisiones/rsc/partidadoble_buen_gobierno.pdf?idArt=370
- López-Quesada, E., & Camacho-Miñano, M. (2011). *Impacto de los Indicadores del Gobierno Corporativo en los Resultados Empresariales*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. <https://bit.ly/3bNIIdXZ>
- Marín, J. (1975). La teoría del contrato social rediviva. *Teorema: Revista Internacional de Filosofía*, 5(1), 109-116. <http://www.jstor.org/stable/43045853>

- Martínez, F. (2010). Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos. *Sinéctica*, (35), 1-17. <https://bit.ly/3xbC563>
- Mazurek, J., Pérez, C., Fernández, C., Magnot, J., & Magnot, T. (2021). The 5-Item Likert Scale and Percentage Scale Correspondence with Implications for the Use of Models with (Fuzzy) Linguistic Variables. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 31, 3-16. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.4010>
- Miller, G. (2005). The political evolution of Principal-Agent models. *Annual Review of Political Science*, 8(1), 203-225. <https://bit.ly/37Ht0X0>
- Montoya, J. (2016). El Desarrollo Financiero y el Crecimiento Económico. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 4(7), 325-349. <https://doi.org/10.5377/reice.v4i7.2837>
- Morejón, M. (2018). Comportamiento organizacional: Análisis a partir de su aplicación en la administración pública. *Revista Enfoques*, 16(29), 1-16. <https://search.proquest.com/docview/2262083091?accountid=35325>
- Muth, M., & Donaldson, L. (1998). Stewardship theory and board structure: A contingency approach. *Corporate governance*, 6(1), 5-28. <https://bit.ly/3pRhdLU>
- Oliva, I., & Alarcón, K. (2018). El efecto del gobierno corporativo y la propiedad sobre el grado de orientación al mercado: Evidencia empírica caso Chile. *Universidad y Empresa*, 20(35), 79-115. <http://bit.ly/3dGQQ99>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2010). *Principios para el empoderamiento de las mujeres. La igualdad es un buen negocio*. Oficina del Pacto Mundial de la ONU. https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2017/03/Women-s-Empowerment-Principles_2011_es-pdf.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] (2016). *Principios de Gobierno Corporativo de la OCDE y del G20*. Paris: Editions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264259171-es>
- Pérez, J., Chavarría, C., & Morán-Álvarez, J. (2021). Determinantes del potencial de desarrollo económico de los municipios de Sevilla 2007-2012. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 31, 104-127. <https://bit.ly/3HD8WW2>
- Pinzón, J., Rosero, O., & Zapata, C. (2018). Relación entre gobierno corporativo y desempeño financiero. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XXVI(2), 85-97. <https://bit.ly/3aLZMIh>
- Raelin, J.D., & Bondy, K. (2013). Putting the good back in good corporate governance: The presence and problems of double-layered agency theory. *Corporate Governance (Oxford)*, 21(5), 420-435.
- Redondo, A., & Bilbao, P. (2018). The substance of good corporate governance: an interpretative analysis of corporate governance quality and its metrics. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 3, 283-306.
- Ríos, A., Cortés, A., Suárez, M., & Fuentes, L. (2014). Accountability: aproximación conceptual desde la filosofía política y la ciencia política. *Colombia Internacional*, 82, 261-288. <https://bit.ly/3pON6og>

- Sato, A. (2018). *Análisis comparativo de los índices de gobierno corporativo y decisión sobre su aplicación para medir la calidad de la gobernanza corporativa*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas (ICADE).
- Shleifer, A., & Vishny, R. (1995). A survey of corporate governance. *Journal of Finance*, 52(3), 737-783. <https://www.nber.org/papers/w5554>
- Spence, M., & Zeckhauser, R. (1971). Insurance, information, and individual action. *The American Economic Review*, 61(2), 380-387. www.jstor.org/stable/1817017
- Stubbs, E. (2004). Indicadores de desempeño: naturaleza, utilidad y construcción. *Ciência da Informação [online]*, 33(1), 149-154. <https://doi.org/10.1590/S0100-19652004000100018>
- Suchman, M. (1995). Managing legitimacy: Strategic and institutional approaches. *The Academy of Management Review*, 20(3), 571-610. <http://www.jstor.org/stable/258788>
- Templeton, G.F. (2011). A Two-Step Approach for Transforming Continuous Variables to Normal: Implications and Recommendations for IS Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 28, 41-58. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02804>
- The Institute of Directors [IOD] (2017). *The 2017 Good Governance Report. The great governance debate continued*. London: Cass Business School. <https://bit.ly/3CBHzdx>
- Villegas, M. (2006). La teoría de los stakeholders y la emisión de información para todos los interesados. *Contaduría, Universidad de Antioquia*, 49, 95-102. <http://bit.ly/2ZJwF29>
- Wan, W., & Adamu, I. (2012). Insight of corporate governance theories. *Journal of Business and Management*, 1(1), 52-63. <http://bit.ly/2Mkdau3>



La elasticidad de la demanda de exportaciones ecuatorianas en el periodo dolarizado

COVRI RIVERA, DANIELE

Universidad Católica de Cuenca (Ecuador)

Correo electrónico: daniele.covri@ucacue.edu.ec

RESUMEN

Debido a que las exportaciones constituyen una variable determinante del producto nacional de Ecuador, esta investigación pretende estimar qué resultados cuantitativos las determinan, primero tomándolas de manera agregada, después por grupo de productos y, finalmente, considera el mercado principal de destino, para lo cual se revisa a los cuatro principales socios comerciales del país: EE.UU., Chile, Perú y Colombia. Para encontrar las elasticidades se emplean modelos de cointegración ARDL y VEC, y para los casos de ausencia de una tendencia estocástica común los coeficientes de corto plazo se obtienen implementando modelos VAR. Al final se efectúan estimaciones ARDL de corto y largo plazo con variables en distinto orden de integración, según la metodología de Pesaran, Shin y Smith (2001) basada en los bounds test. Los principales hallazgos evidencian que a corto plazo la mayoría de coeficientes no son significativos. Al contrario, en el largo plazo la renta extranjera y el índice de precios resultan siempre significativos a excepción de Perú. La tasa de cambio real y la volatilidad resultan para ciertas regresiones significativas dependiendo del modelo aplicado, aunque a veces con signos inesperados. La regresión inherente en el caso de Colombia es totalmente inconcluyente.

Palabras clave: exportaciones; modelo autorregresivo de retardos distribuidos; modelo de corrección de error.

Clasificación JEL: C22, F10, F14, F31.

MSC2010: 62P20.

The elasticity of demand for Ecuadorian exports in the dollarized period

ABSTRACT

Exports are a determining variable of the national product so the objective is to perform quantitative estimations, first taking them in an aggregate manner, then by group of products and finally by the main destination market, considering here the four main ones constituted by the US, Chile, Peru and Colombia. Then, the elasticities are found by co-integration models ARDL and VECM, while for the cases of absence of a common stochastic trend the short-term coefficients are obtained through VAR models. At the end, short and long-term ARDL estimates are also made with variables that present a different order of integration, according to the methodology of Pesaran, Shin and Smith (2001), based on the bounds testing approach. The main findings show that in the short term most coefficients are not significant. On the contrary, in the long-term foreign income and the price index are always significant except for Peru. The variables of real exchange rate and volatility are significant only in certain regressions depending on the model considered, although sometimes with unexpected signs. Finally, the regression involving Colombia is totally inconclusive.

Keywords: exports; ARDL; Error Correction Model; VECM.

JEL classification: C22, F10, F14, F31.

MSC2010: 62P20.



1. Introducción

Las exportaciones, un componente fundamental del PIB, miden el grado de competitividad de las empresas de un país en relación con los otros; ciertamente, algunos países como los tigres asiáticos han basado su crecimiento económico en las exportaciones (*export-led growth*). La pregunta que emerge de este hecho es si existen factores objetivos cuantitativos medibles que puedan explicar esta variable o si, al contrario, estamos ante un conjunto de elementos más intangibles, descriptivos y cualitativos. Otra pregunta al respecto se relaciona con los mercados de destino: ¿se caracterizan estos por su forma homogénea o las elasticidades individuales varían considerablemente entre ellos? Finalmente, interesa saber si existen variaciones entre el corto y el largo plazo y las consecuencias de este impacto para la política comercial. Este trabajo, fundamentando en estas preguntas, pretende echar luz sobre una cuestión de vital importancia para la macroeconomía y se aplica al caso de Ecuador en virtud de las escasas investigaciones previas que existen al respecto.

La primera premisa del estudio, basada en la teoría económica, es que muchos países se han aventajado en ciertos períodos por tasas de cambio favorables para vender más productos en el extranjero. Este fenómeno se origina cuando un bien vendido con una moneda devaluada se presenta como más barato para los consumidores foráneos. Lo que se espera entonces es que un aumento de la tasa de cambio real bilateral (depreciación real según la metodología del Banco Central del Ecuador) comporte un incremento de las exportaciones. La fórmula de referencia es la siguiente:

$$TR = \frac{E * P_i}{E_i * P} * 100 \quad [1]$$

donde TR es la tasa de cambio real bilateral, P el índice de precios al consumidor del Ecuador, P_i el índice de precios al consumidor del país extranjero, E el índice de cambio nominal del Ecuador y E_i el índice de cambio nominal del socio comercial (unidades de la moneda del país extranjero por dólar de los Estados Unidos de América).

La segunda premisa se vincula con la renta del socio comercial. Se puede afirmar que, *ceteris paribus*, si ésta aumenta, subiría igualmente el nivel de exportaciones ecuatorianas, pues los consumidores extranjeros, al disponer de un mayor poder adquisitivo, podrían comprar más productos tanto internos como externos. Asimismo, al considerar la volatilidad, lo que se ha observado en algunos estudios aplicados es que normalmente períodos más estables favorecen el intercambio comercial por lo que esta variable debería actuar de forma inversamente proporcional respecto a las exportaciones. Sin embargo, a pesar de que el coeficiente asociado no siempre resulta significativo, la volatilidad suele incluirse igualmente como variable de control dentro del modelo.

Con la finalidad de poder resolver las preguntas de investigación, en este estudio se implementa un modelo econométrico ARDL, un modelo autorregresivo de retardos distribuidos y después la cointegración permitirá encontrar los valores de corto y largo plazo, lo que se espera es que para mayores horizontes temporales las elasticidades sean de mayor amplitud, puesto que hay más tiempo para la adaptación y el cambio. Para mayor robustez se repite el proceso usando un modelo de vectores autorregresivos VEC. Debido a que las variables no siempre poseen raíces unitarias, y debido a que no siempre se encuentran relaciones estables de largo plazo, es conminatorio calcular elasticidades únicamente de corto plazo mediante estimaciones VAR. Al final, se decidió incluir regresiones que implementan la moderna técnica de Pesaran, Shin y Smith (2001) del *bounds testing approach* que faculta encontrar relaciones de largo plazo para variables integradas de orden I (0) e I (1). El análisis se centra en el periodo de la dolarización y toma en cuenta la demanda de exportaciones agregada (hacia todos los países). Luego se analizan los grupos de productos exportables: los petroleros, los no petroleros tradicionales y los no petroleros no tradicionales. Para terminar, el estudio estima las elasticidades para los principales socios comerciales de Ecuador: EE.UU., Chile, Perú y Colombia.

Los principales hallazgos descubren que, de manera general, existen coeficientes de largo plazo significativos, en los que la variable de la renta extranjera alcanza gran amplitud para los mercados de EE.UU. y Chile, mientras que las estimaciones inherentes para los grupos de productos, el índice de precios lleva siempre coeficientes positivos. Al contrario, si se excluye la regresión peruana, las elasticidades de corto plazo en la mayoría de estimaciones no son significativas. Y para el socio comercial Colombia, las variables independientes no ofrecen ningún dato importante para explicar las exportaciones.

2. Estado de la cuestión

Las investigaciones emprendidas sobre este tema en Ecuador son realmente escasas. Existe un artículo de relevancia internacional escrito por Thaver y Bova (2014), que estudió la función de demanda de exportaciones para Ecuador en relación con su principal socio comercial, los EE.UU. En éste se efectúa una estimación ARDL de cointegración con datos anuales para el período 1965-2011. El modelo preveía, entre otras variables, la volatilidad de la tasa de cambio y una *dummy* para el período de la dolarización. El análisis concluyó que la dolarización ha impactado negativamente las exportaciones tanto a corto como a largo plazo y ha encarecido los bienes en términos relativos, lo que a su vez ha ocasionado que el país haya perdido competitividad. Debido a ello Paredes (2017) afirma de manera contundente la necesidad para Ecuador de volver a tener su propia moneda. Siempre en la misma línea, Acosta y Cajas (2020) afirman que la dolarización representa un mito que llena la economía ecuatoriana de incertidumbres. A pesar de ello la mayoría de actores políticos están convencidos que la dolarización deba mantenerse (Villalba, 2019). Entonces, si se desea fortalecerla, Fares y Zack (2018), que aplicaron su estudio al caso argentino, sugieren que “se deben fomentar los sectores con una mayor elasticidad ingreso de las exportaciones y una menor elasticidad ingreso de las importaciones” (p.23) para reestructurar la producción, mejorar la balanza de pagos y atraer divisas.

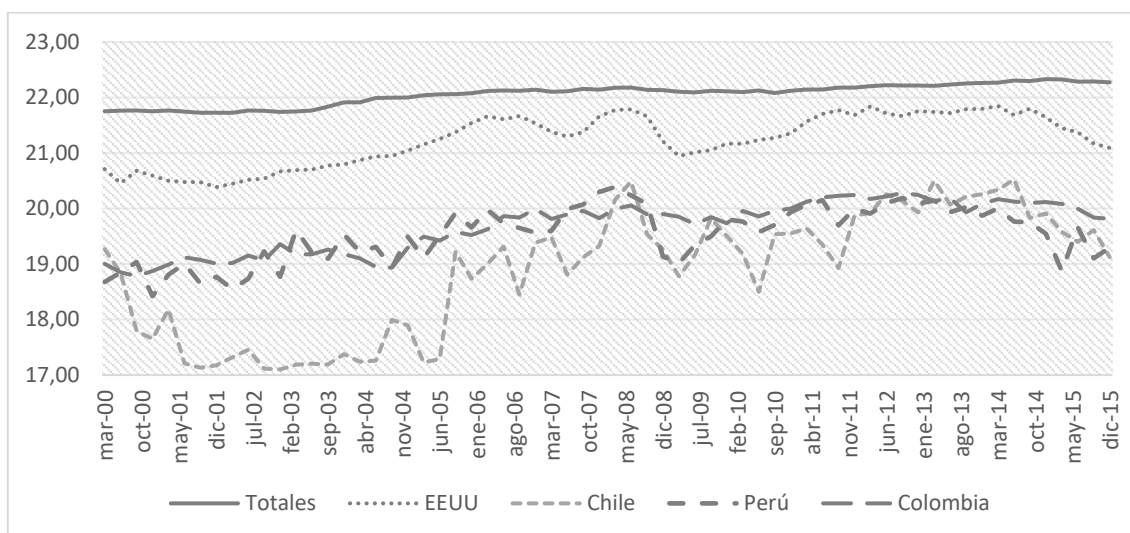
A nivel internacional resaltan diversos estudios. Narayan y Narayan (2010) estimaron datos semejantes en Sudáfrica y Mauricio y encontraron que el primer país no tenía elasticidades significativas y el segundo sí, pero solo cuando se consideraba la renta extranjera. Verheyen (2014) trató el caso de Alemania con la introducción del euro; su estudio concluyó que en este caso existe cointegración entre variables, aunque el resultado final indica que esta divisa no había penalizado las exportaciones. Buzaushina (2015) trató a los países del centro y este de Europa y, entre otras conclusiones, evidenció que las elasticidades del comercio a largo plazo dependen fundamentalmente de la renta extranjera. Demirhan y Demirhan (2015) investigaron el caso de Turquía centrándose en la estabilidad de la tasa de cambio. Su hallazgo más notable fue que la tasa afecta positivamente a las exportaciones reales tanto a corto como a largo plazo. Sultan (2012) aplicó la investigación a la India y en general encontró cointegración entre variables y coeficientes significativos tanto a corto como a largo plazo. Sawore (2016) analizó el caso de Etiopía y sus principales resultados sugieren que la renta extranjera no es significativa, al contrario de la tasa de cambio y de la liberalización comercial. Abbas (2012), en su estudio sobre Egipto, encontró que las variables son significativas y mantienen relaciones estables a largo plazo, pero los coeficientes asociados son, por lo general, inferiores a la unidad, es decir, inelásticos.

Las diversas investigaciones al respecto, *grosso modo*, utilizan la misma técnica de ARDL con cointegración y *bounds test* porque de esta manera se pueden observar los resultados de corto y largo plazo. Como ya se mencionó anteriormente, la teoría señala al respecto que las elasticidades de más largo horizonte temporal ostentan, por lo general, valores de mayor amplitud respecto a los que son más cercanos. A veces las elasticidades de corto plazo pueden inclusive no resultar estadísticamente significativas puesto que a las firmas les toma tiempo exportar sobre todo debido a los altos costos de ingresos en los mercados (Bernard & Jensen, 2004). En ciertas circunstancias, algunos autores prefieren estimar con modelos VEC; es el caso por ejemplo de Cermeño y Rivera (2016), quienes aplicaron el modelo a México y encontraron cointegración entre variables y coeficientes significativos.

3. Las exportaciones

Es necesario iniciar explicando cómo han evolucionado en el tiempo las exportaciones ecuatorianas en términos de valor. El Gráfico 1 señala cómo la serie de las exportaciones totales es la más estable de todas, tal y como se esperaba, debido al efecto de diversificación, y también muestra cómo al mismo tiempo esta serie ha crecido gradualmente en el periodo de la dolarización. Los valores reales han sido encontrados dividiendo los valores nominales por el índice de precios a la producción IPP y después han sido desestacionalizados mediante la técnica ARIMAX13. Otro dato que desvela es que el principal socio comercial del país es EE.UU., con quien las ventas se han mantenido más o menos constantes en el periodo estudiado, a excepción de una reducción a partir del 2008 provocada por la crisis financiera global. Para el caso de otro socio comercial, Chile, después del año 2005 existe mayor apertura y, de hecho, se observa una pendiente muy positiva que da lugar a que la serie recupere la distancia que mantenía con Perú y Colombia por lo que a partir de 2008 estos tres países constituyen mercados muy parecidos en términos de importancia para Ecuador.

Gráfico 1. Exportaciones logarítmicas reales de Ecuador expresadas en valores trimestrales para el periodo 2000-2015, año base 2007.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Ecuador (2018).

Otro dato significativo es que, de acuerdo con el Observatorio de Complejidad Económica (OEC), Ecuador está en la posición 55 como mayor economía de exportación del mundo. En 2016 el país exportó aproximadamente 16,8 miles de millones de dólares (Simoes & Hidalgo, 2011). Los productos vendidos se pueden visualizar en la Tabla 1.

Un dato relevante que ofrece la Tabla 1 es el alto índice de concentración de los productos vendidos en el extranjero, pues el 72% de ellos está determinado únicamente por 5 categorías. En particular, se puede ver que la totalidad de las exportaciones está conformada por productos primarios, lo que supone una palpable señal de debilidad de la economía ecuatoriana y al mismo tiempo nos alerta sobre el riesgo del país porque depende de la volatilidad del precio de las *commodities*.

Vale acentuar que aquí no se tomó en cuenta la distinción entre productos *tradicionales* y *no tradicionales*, debido a la gran confusión que existe en la definición de *tradicional*. En efecto, a lo largo del tiempo la definición del término ha venido cambiando. En un principio era común entender a la palabra según su significado más común, pero hoy en día prevalece una acepción muy distinta: se refiere a un producto que en la cadena no lleva un valor agregado, esto quiere decir que actualmente los *productos no tradicionales* aluden a aquellos que implican un proceso de transformación y de manufactura y cuyo producto final es completamente nuevo y distinto respecto a su origen. Si

empleamos el criterio actual, por ejemplo, vender flores al extranjero debería categorizarse como tradicional, pero no es así. Si el sector es nuevo, si no se ha vendido antes este producto en grandes volúmenes en los mercados globales, se cataloga como *no tradicional*.

Tabla 1. Principales exportaciones ecuatorianas (año 2015).

Producto	Valor (miles de millones de USD)
Petróleo crudo	5,05
Plátanos	2,74
Crustáceos	2,59
Pescado procesado	0,90
Flores cortadas	0,80
Suma	12,08
Porcentaje total	0,72

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador (2018).

Esta indefinición origina confusión y da lugar a que cada país publique sus propias estadísticas, a veces de acuerdo con sus propias conveniencias. Ese sería el caso de Ecuador que tratará de insertar la mayor parte de sus productos como *no tradicionales* con la finalidad de mostrar un cambio, mejora y desarrollo de su matriz productiva cuando en realidad ello no sucede porque lo que realmente exporta son productos primarios. Ciertamente, el Banco Central de Ecuador ubica como *primario no tradicional* toda una serie de productos como flores naturales, abacá, madera, productos mineros, frutas, tabaco en rama justificándose en las grandes ventas de estos productos en los últimos años. Podría inferirse que los productos industrializados no tradicionales poseen un mayor valor agregado, pero lamentablemente no parece ser el caso, pues en esa categoría figuran productos como jugos, conservas de fruta, harina de pescado o elaborados de banano. Afortunadamente en las últimas publicaciones mensuales del BCE se incluyen documentos que indican el componente tecnológico de las exportaciones. Así, para el año 2015 las ventas de alta tecnología al extranjero, a pesar de haber ido creciendo respecto al pasado, representaron aproximadamente solo el 1% del total, y la venta de productos de tecnología intermedia representó solo el 2%. Ambos datos son realmente dramáticos si se tiene en cuenta que todos los estudios recientes sobre el crecimiento económico subrayan al componente tecnológico como fundamental para mejorar y aumentar el nivel de vida.

Otra inferencia que se deriva de los datos es que el famoso cambio de la matriz productiva, tan impulsado por el gobierno del expresidente del país, Rafael Correa, no se ha concretado hasta el momento; tal vez haya que esperar más tiempo para cosechar evidencias contundentes. La pregunta que surge es si algo ha cambiado en este periodo de 16 años de dolarización: ¿se han modificado los principales productos de exportación en relación con el principio de la muestra, es decir, el año 2000?

La Tabla 2 ayuda a encontrar la respuesta: sin duda, el dato más relevante es el porcentaje de productos primarios vendidos al extranjero, el 76%. Si se comparan las dos tablas que se han mostrado se pueden concluir, en primer lugar, que Ecuador era y sigue siendo un país en desarrollo que exporta principalmente petróleo y otros productos primarios, principalmente recursos naturales que ofrece el medio ambiente. En segundo lugar, que el valor total de las exportaciones en términos nominales casi se ha cuadruplicado en este horizonte temporal de dolarización. Además, se puede reparar en la casi alarmante distancia del sector secundario respecto a los países del primer mundo. Si se enfoca la totalidad de manufacturas de metales y textiles, éstas representaban aproximadamente el 4% del total de las exportaciones para el año 2000, la situación es levemente peor en el 2015, cuando alcanza un valor cercano al 3% (datos BCE). La mayoría de la producción industrial está concentrada alrededor de las mismas materias primas que se han mostrado hasta ahora. Y si bien se debe mencionar que asoman

otros productos primarios que no constaban en las tablas (café, cacao, madera) el concepto es siempre el mismo.

Tabla 2. Principales exportaciones del Ecuador en el año 2000.

Producto	Valor (miles de millones de USD)
Petróleo crudo	2,14
Banano y plátano	0,82
Camarón	0,27
Flores naturales	0,15
Pescado	0,07
Total productos primarios	3,64
Total exportaciones	4,82
Porcentaje productos primarios	0,76

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador (2018).

En ese escenario, parece urgente que se tomen medidas para diversificar los productos que se exportan, en particular sería recomendable para el desarrollo económico del país un incremento de aquellos que incorporen un mayor grado tecnológico y valor añadido para la cadena. Belloc y Di Maio (2011) ofrecieron algunas estrategias para mejorar la calidad, el volumen y el valor de las exportaciones. La primera de ellas es que un país debe crear las condiciones ambientales idóneas para los potenciales exportadores: infraestructura adecuada para carreteras, estaciones de servicio y otros lugares que puedan servir para la creación de bodegas y almacenamiento, siempre con fácil acceso a las vías de comunicación. Una segunda sugerencia es que la política gubernamental debe tender a una regulación simple y fácil de entender y aplicar, así que debe prever deducciones y estímulos fiscales para que se pueda exportar. En este mismo sentido, el acceso a la financiación debe ser mejorado; para ello se recomienda el desarrollo de una bolsa de valores más líquida y efectiva que permita a las pymes endeudarse a tasas más bajas respecto al tradicional préstamo bancario, por ejemplo, con la emisión de bonos corporativos que formen parte de fondos comunes de inversión. Al mismo tiempo, el Estado junto con entes privados debería estimular y concienciar sobre la existencia de los seguros para los fletes. Otra acción que tampoco se puede descuidar es continuar con el intento de cambio de la matriz productiva para lo que es necesaria una campaña de marketing que dé confianza sobre la posibilidad real de una mejora, debe contener promociones y ferias que deben ser estimuladas en el extranjero para dar a conocer al mundo los productos que oferta el país. En todo esto no puede faltar la asistencia institucional mediante centros de atención que sirvan para apoyar a los empresarios potenciales y existentes.

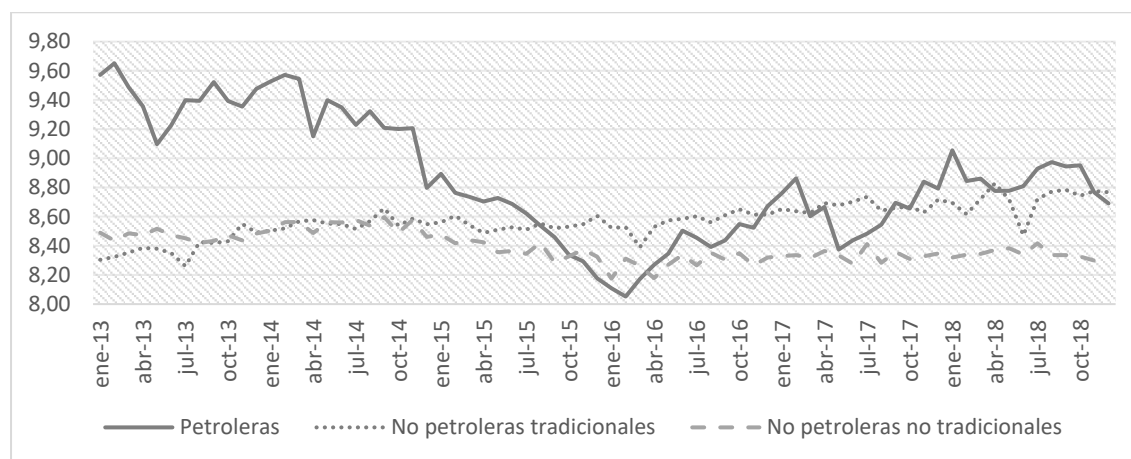
Un aspecto que explica el parcial fracaso de la política comercial ecuatoriana son los acuerdos y tratados comerciales. En este horizonte temporal de estudio, Ecuador, a diferencia de sus países vecinos y competidores principales como Perú y Colombia, no ha llegado a un acuerdo para firmar el tratado de libre comercio con EE.UU., su principal mercado de destino, lo que representa una falta grave. Si a esto se añade la ausencia de un TLC para el intercambio comercial con la Unión Europea en el periodo considerado (2000-2015), se explica el bajo valor de las exportaciones, un dato que podía mejorar si reconocemos que el 11 de noviembre de 2016 se llegó a un acuerdo con los países europeos. Tampoco se puede desconocer que Ecuador pertenece a la Comunidad Andina (CAN), a la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y al Mercosur. Ciertamente, la inclinación explícita del Gobierno de la época en el ámbito comercial fue fortalecer las relaciones entre países vecinos y del área para la cual estimuló un gran número de preferencias arancelarias que también acordó con países lejanos como Rusia, Japón y Canadá.

La pertenencia a la Comunidad Andina merece un enfoque más detallado; de hecho, como lo indica el Sistema de Información sobre Comercio Exterior (SICE) (Organización de los Estados Americanos, 2020), los países de la CAN pueden libremente estipular acuerdos comerciales con otros países fuera del bloque sin que ello sea vinculante para los demás miembros. Así, por ejemplo, Perú y Colombia tenían un acuerdo con la Unión Europea a partir del año 2011 y Ecuador, como previamente mencionado, decidió unirse algunos años más tarde. Ahora, por lo que se refiere a las relaciones bilaterales dentro de la comunidad andina, ciertamente los socios comerciales se encuentran en una posición privilegiada puesto que pueden depreciar su moneda y tener mayor flexibilidad en la venta de sus productos. Las consecuencias de ello para Ecuador se evidencian en un agravio de su balanza comercial (Wasbrum et al., 2016)

Para resumir, las exportaciones del Ecuador no han cambiado mucho en este periodo de dolarización en lo que se refiere a los productos exportados, básicamente se venden siempre productos primarios. Lo que sí ha cambiado es que han aumentado en términos nominales, un poco en términos reales, pero han faltado acuerdos comerciales importantes con dos grandes mercados como EE.UU. y la Unión Europea (hasta el año 2015).

El Gráfico 2 muestra la evolución de las exportaciones ecuatorianas reales por grupo de productos. Se aprecia que la serie inherente el petróleo varía más, con una baja importante hasta el principio de 2016 y un repunte al final, variación dada por la fluctuación de los precios de esta materia prima y de manera marginal por cambios en el volumen de ventas. Las otras dos series parecen mucho más estables, las no petroleras tradicionales manifiestan una leve tendencia al alza. Los principales productos que el Banco Central coloca dentro de esta serie son: banano y plátano, café y elaborados, camarón, cacao y elaborados, atún y pescado. Los valores nominales han sido divididos por el índice de precios a la producción IPP y ajustados por estacionalidad mediante la técnica ARIMAX13.

Gráfico 2. Exportaciones logarítmicas reales por grupo de productos exportables de Ecuador, medición mensual para el periodo 2013-2018.

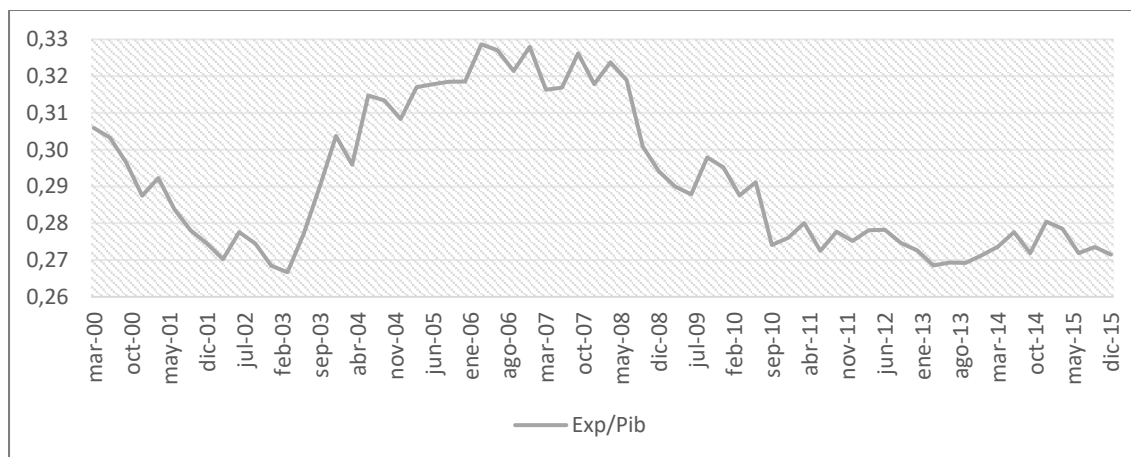


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador (2018).

Otro gráfico propone la ratio entre las exportaciones reales y el PIB real y deja entrever que las exportaciones representan en este periodo de dolarización un porcentaje del PIB que oscila aproximadamente entre el 26% y el 33% (en términos reales). Al principio existe una bajada de la serie hasta el primer trimestre de 2003, fenómeno explicado por el efecto de estabilización que tardó en llegar, pero, una vez alcanzado, las exportaciones vuelven a ganar terreno hasta el 2008. Después de esa fecha, la línea vuelve a bajar por efecto de la crisis global que dio lugar a que los socios comerciales demandaran menos productos extranjeros y por la bajada de los precios de las materias primas, principal componente de las exportaciones ecuatorianas. Además, hubo una influencia determinada por otra variable de interés, el PIB, que a partir del 2007 aumentó por efecto principal del gasto público

promovido con el cambio de gobierno. Por lo tanto, incluso con un denominador más grande, el cociente, se vuelve más pequeño y por ello al final de la serie su valor oscila entre el 27% y el 28%.

Gráfico 3. Cociente entre exportaciones y PIB de Ecuador en el periodo 2000-2015.



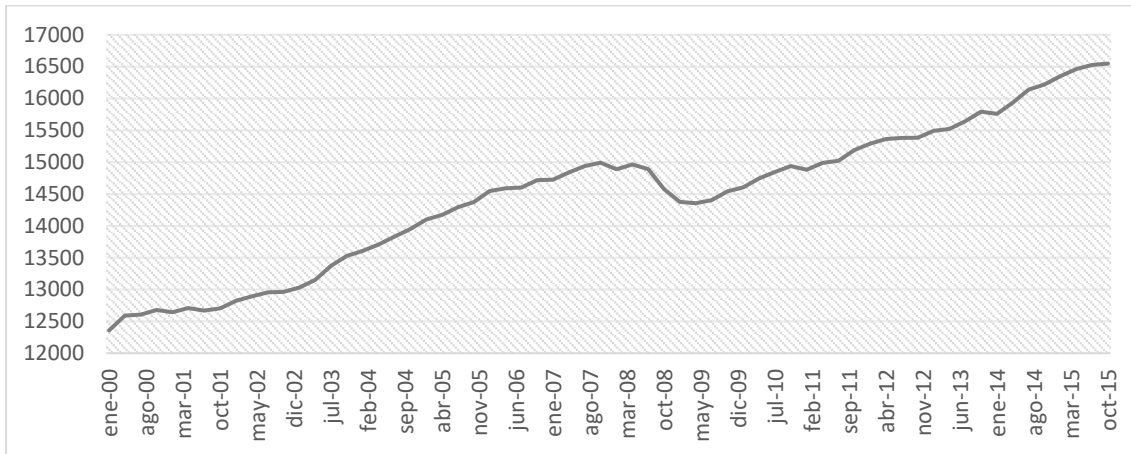
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador (2018).

4. La renta del socio comercial

El Gráfico 4 ilustra cómo se ha comportado el PIB real para el principal mercado de destino de los productos ecuatorianos, los EE.UU. Esta serie fue tomada por separado respecto a las demás, en primer lugar, porque los valores están anclados al año 2009, mientras que el año base en las otras tres series es el año 2011. En segundo lugar, porque el PIB real estadounidense es mucho mayor que de las otras economías, por lo que sería inútil ponerlas en un mismo gráfico debido a los factores de escala. Otra razón es que los valores están expresados en miles de millones de dólares, mientras que para los otros tres países lo están en millones. Además, se explica ya que Chile, Colombia y Perú forman parte de una misma área, Latinoamérica, y porque el último valor disponible para estos tres países es el año 2014 y para EE.UU. se dispone adicionalmente de los datos del 2015. En la estimación esto no supone un problema, ya que están disponibles los valores para todo el arco temporal. Aquí era necesario para fines de comparación contar con una misma divisa, en este caso el dólar con un mismo año base, por lo que las series fueron tomadas del mismo sitio, el Banco Federal de San Louis.

Lo que se puede ver es que existe una evidente tendencia al alza que es interrumpida únicamente por el periodo de crisis financiera internacional de los años 2008 y 2009. Una premisa sustancial para entender el dato es que se trata de un mercado enorme y, por tanto, implica una oportunidad para seguir incrementando los productos nacionales que se quieren vender en ese país. Para tal propósito, es clave estipular tratados comerciales bilaterales, ya que en los últimos años el carácter demagógico del Gobierno de turno puso a los exportadores ecuatorianos en desventaja respecto a los vecinos competidores de Perú y Colombia, países que sí han pactado un tratado de libre comercio con los EE.UU.

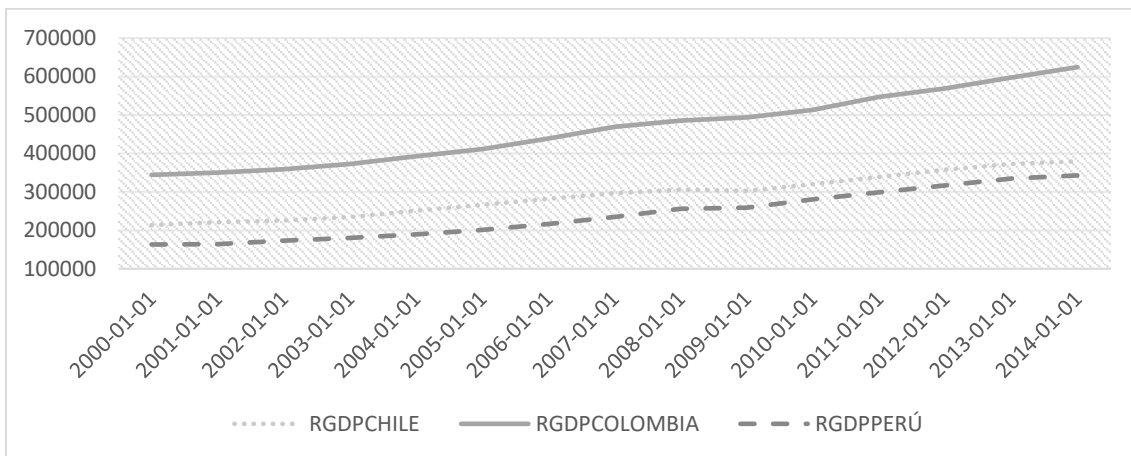
Gráfico 4. Evolución del PIB real de EE.UU. expresado en miles de millones, periodo 2000-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Reserva Federal de San Louis (2018).

El Gráfico 5 muestra los otros tres socios comerciales del país. Lo primero que se observa es la marcada tendencia común a experimentar un leve incremento en su economía en el tiempo indicado en términos reales. Si bien el país que lleva una tasa de crecimiento levemente inferior es Chile, el incremento casi duplica su actividad económica a lo largo de los 15 años de la muestra. Lo segundo que se puede decir es que, en términos de importancia, el mercado más grande es el de Colombia, lo que supone una ventaja adicional para el país porque colinda con él. Chile ocupa el segundo lugar, pero en este caso los costos de transporte se incrementan debido a la mayor lejanía geográfica. Perú ocupa el último lugar en la dimensión económica entre los cuatro países analizados.

Gráfico 5. PIB real de Perú, Colombia y Chile en el periodo 2000-2014.



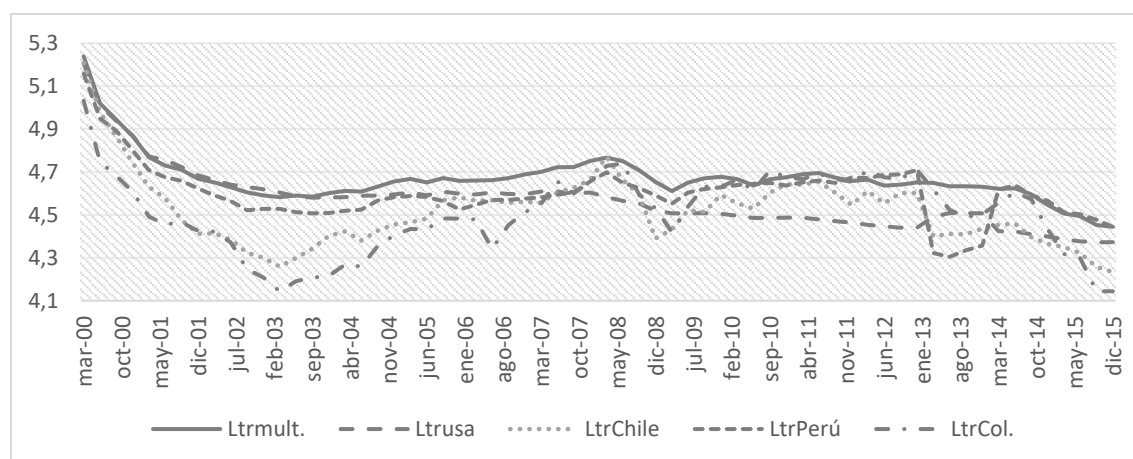
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Reserva Federal de San Louis (2018).

5. La tasa de cambio real y la volatilidad

Otra variable analizada en el modelo es la tasa de cambio real. En el Gráfico 6 se puede observar su tendencia a lo largo de los 16 años de estudio. Según los datos, Ecuador ha experimentado una disminución en el logaritmo de su tasa de cambio real, por lo que se puede hablar de apreciación real que muy probablemente ha comportado repercusiones negativas sobre sus exportaciones. Además, es muy significativo revisar el caso de los EE.UU. porque, usando la misma moneda, esta tasa está

determinada únicamente por el diferencial de precios; de hecho no es una casualidad que esta línea sea la que sufre la menor variación, no existe el efecto de una inestabilidad que deriva del componente constituido por la tasa de cambio nominal. Se puede inferir que hubo una mayor inflación en Ecuador respecto a los EE.UU. y este fenómeno ha sido particularmente evidente en los primeros años, hasta el 2003, cuando la pendiente negativa de la curva es más pronunciada.

Gráfico 6. Logaritmos de las tasas de cambio real multilateral y bilaterales de Ecuador con respecto a sus principales socios comerciales en el periodo 2000-2015.

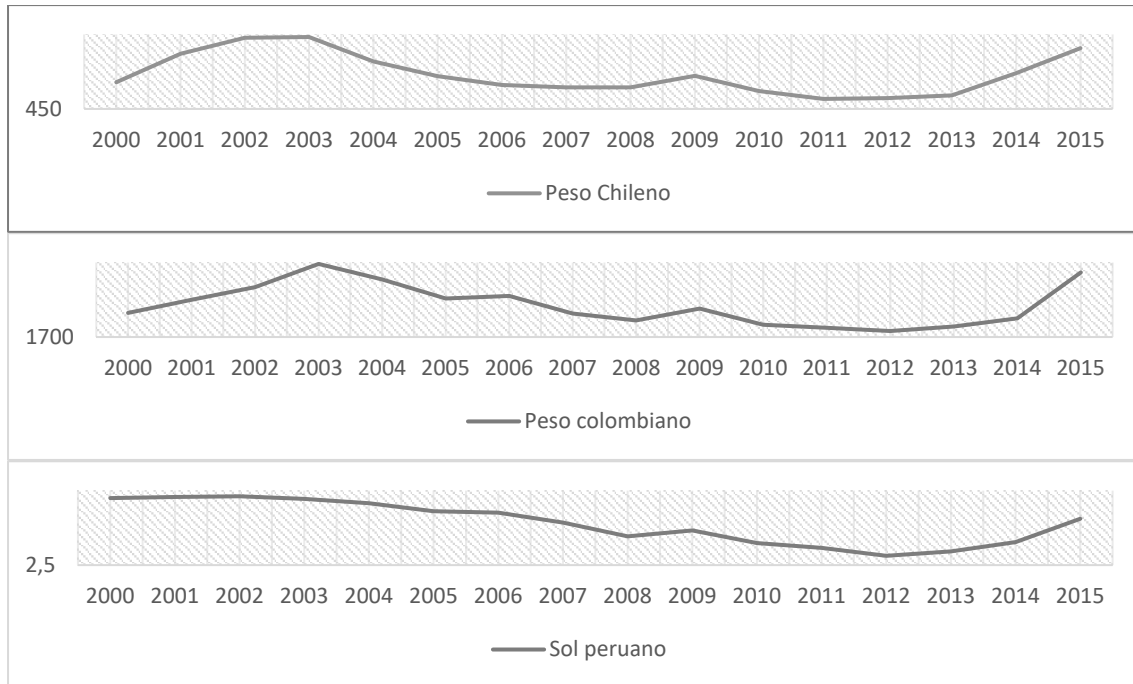


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador (2018).

Es momento de descomponer el efecto de la tasa de cambio real en sus dos partes: la tasa de cambio nominal y el diferencial de precios (IPC). Hay que aclarar que una apreciación de la tasa de cambio nominal, es decir, más moneda extranjera por dólar (una subida de la línea o incremento de valor) corresponde a una baja en el gráfico correspondiente a la tasa de cambio real. En este caso, si el efecto de la tasa de cambio nominal resulta significativo, los Gráficos, 6 y 7 deberían estar trazados de manera casi especular.

El Gráfico 7 está compuesto por tres imágenes correspondientes a las tasas de cambio nominales. Todas ellas son muy parecidas: existe una tendencia al alza hasta el año 2003, después el dólar pierde valor hasta los años 2011-2012 con la excepción del periodo de crisis global en el que esta moneda se vuelve a apreciar. Esta bajada del dólar puede explicarse de varias formas, la más probable es el diferencial de tasas de interés, particularmente reducidas en los EE.UU. durante este periodo. Después el dólar vuela a subir probablemente por efecto de las expectativas de alza en las tasas de interés de los bonos en Norteamérica y así se registra al final una pendiente positiva.

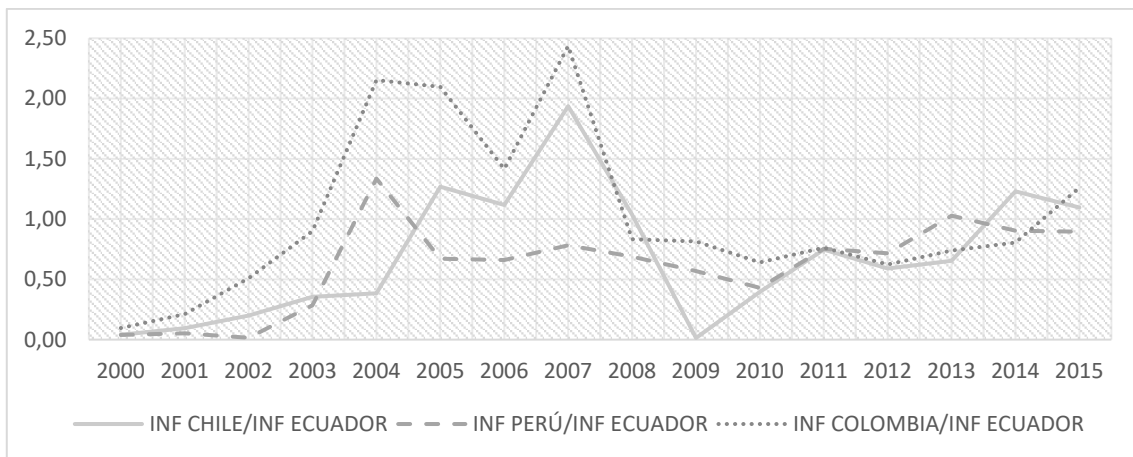
Gráfico 7. Tasas de cambio nominales de Ecuador en relación a sus principales socios comerciales en el periodo 2000-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2018).

Como ya adelantamos, si se comparan las series dispuestas en el Gráfico 7 con aquellas del Gráfico 6 se puede ver que son casi diametralmente opuestas, lo que indica el efecto determinante de la tasa de cambio nominal sobre la real bilateral. Este hecho está confirmado si se mira el Gráfico 8 que registra el cociente entre inflación extranjera y doméstica. En este caso, si hubiera un efecto importante en los precios, se deberían tener series parecidas a aquellas del logaritmo de la tasa de cambio real bilateral (Gráfico 6), pero en esto caso no parece ser así. Entonces, el principal hallazgo es que la serie del logaritmo de la tasa de cambio real bilateral para el caso ecuatoriano parece estar determinada esencialmente por el efecto dado por la tasa de cambio nominal y, de manera más marginal, por el diferencial de precios entre socios comerciales.

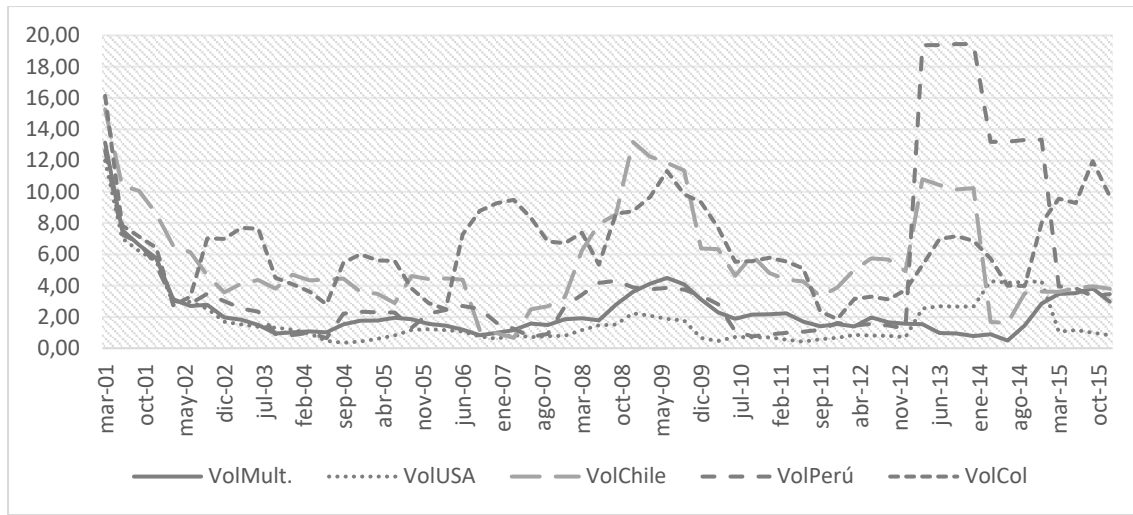
Gráfico 8. Cociente entre inflación extranjera y doméstica de Ecuador en relación a sus principales socios comerciales en el periodo 2000-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2018).

La última variable que enfoca el modelo es la volatilidad. Y en lo que se refiere a nivel agregado y nivel diferenciado, para tomar en cuenta a cada socio comercial, se puede observar el Gráfico 9. Las cifras indican que las más estables de todas son la tasa de cambio real multilateral y la bilateral de los EE.UU., pues comparten la misma moneda, así que no existe el riesgo de tasa de cambio nominal. Otro hecho que merece atención es el progresivo aumento del riesgo durante el periodo de crisis financiera global y después, a partir de finales de 2012, fenómeno particularmente evidente para las series de Perú y Chile.

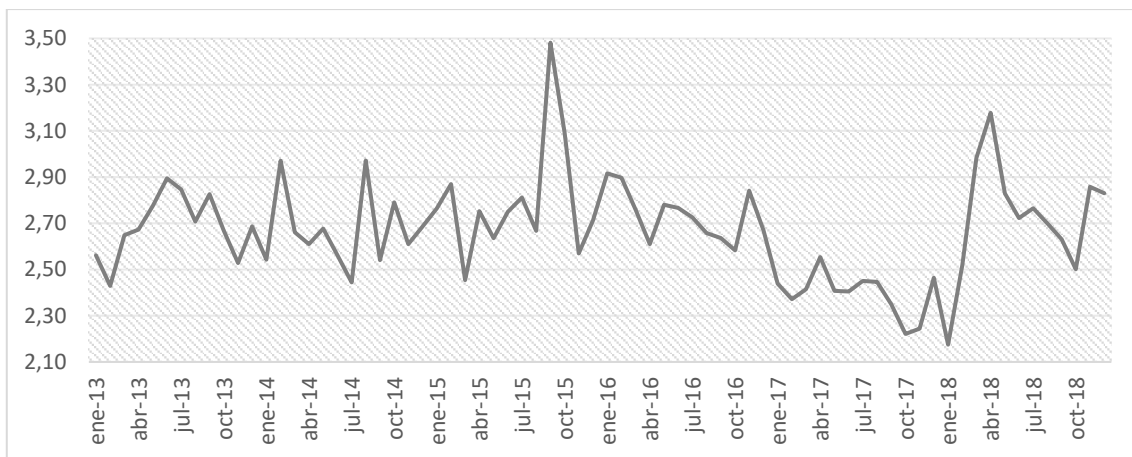
Gráfico 9. Volatilidad de las tasas de cambio real multilateral y bilaterales de Ecuador en relación a sus principales socios comerciales en el periodo 2001-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central del Ecuador y de la Reserva Federal de San Louis (2018).

Para explicar la evolución que ha experimentado la volatilidad mensual relacionada con las series que involucran las exportaciones por grupo de productos, se aplicó el índice VIX, como se indica de manera detallada en la metodología. El Gráfico 10 destaca que al parecer hubo un pico de volatilidad en septiembre de 2015 y de manera un poco menor en marzo de 2018.

Gráfico 10. Logaritmo del índice VIX en el periodo 2013-2018.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Reserva Federal de San Louis (2018).

6. Metodología

La variable dependiente *exportaciones* requiere algunas aclaraciones. Los valores de las exportaciones tomadas de manera agregada (total) son otorgados directamente por el Banco Central de Ecuador (BCE) en miles de dólares en sus valores trimestrales reales con año base 2007. El periodo de estudio va desde el primer trimestre del año 2000 hasta el cuarto trimestre del año 2015, debido a que los valores siguientes a éste son provisionales y, por ello, suelen estar sujetos a variaciones sustanciales. Los primeros valores, hasta el año 2003, han sido excluidos en las estimaciones porque existe una quiebra estructural, lo que obedece al ajuste que se dio después de la crisis de fin de milenio y el comienzo de la dolarización, que tuvo efectos rezagados. El ajuste estacional, elaborado directamente por el BCE, sufre de manera periódica modificaciones, ajustes y actualizaciones por las constantes revisiones, así que no debería sorprender si no se pueden replicar los datos obtenidos en este estudio. Es importante mencionar que todas las variables han sido transformadas de manera logarítmica.

Los datos de las exportaciones por grupo de productos son proporcionados nuevamente por el Banco Central, la relevación es mensual a partir del año 2013 y la serie termina en el año 2018, así que se tomaron todos los valores disponibles. No se menciona aquí que existan datos provisionales, sin embargo, ello no es de excluirse. Tampoco existen notas sobre posibles ajustes estacionales, por lo que se realizó una desestacionalización de los valores mediante la técnica ARIMAX13 y se comprobó que, efectivamente, las series transformadas son sensiblemente distintas respecto a las de origen. Para encontrar los valores reales se dividió las series nominales por el índice de precios a la producción (IPP), este último otorgado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador.

Para la variable dependiente de los socios comerciales, los datos fueron otorgados por el BCE en bruto, de manera totalmente desagregada, es decir, a partir de cada posible exportación se debió efectuar un intenso trabajo de agregación para obtener los datos trimestrales. Después, una vez más, las exportaciones reales se encontraron dividiendo las respectivas nominales por el IPP. Aquí los datos tienen cadencia trimestral y, por las razones antes mencionadas, la serie va desde el primer trimestre del 2003 hasta el cuarto trimestre del 2015.

La primera variable explicativa está representada por la renta extranjera y para la renta total se focalizó la serie trimestral del PIB global proporcionada por el Banco Mundial, mediante su base de datos Global Economic Monitor. Los valores están expresados en millones de USD, por lo que se multiplicó por 1000 para que sean comparables a los de la variable dependiente *exportaciones*. El año base es el 2010 y el ajuste estacional ha sido elaborado por el mismo Banco Mundial.

Las estimaciones inherentes a las tipologías de productos no cuentan con la variable explicativa *renta extranjera*. En su lugar, se tomó un oportuno índice de precios proporcionado por el Fondo Monetario Internacional (FMI) en la base de datos Commodity prices cuyo año de base es el 2016; el valor del índice es igual a 100. Así, en el caso del petróleo se considera un promedio de tres diferentes precios *spot* referentes a distintas calidades, que se encuentra en la columna Q. Para analizar el precio de los productos no petroleros tradicionales se alude al índice de precios de la comida (*food price index*), que se encuentra en la columna F. Para los productos no petroleros no tradicionales, el índice escogido es el precio de los no petroleros (no Fuel Price index), que se encuentra en la columna D.

La renta extranjera para los distintos socios comerciales se ha tomado, para la serie histórica, del PIB real para los EE.UU. proporcionada por la Reserva Federal de San Louis, con año base 2009 y datos ajustados estacionalmente expresados en miles de millones de dólares (billions of USD). Para Chile, la fuente es la Cepal, pero el año base es el 2008, los datos están expresados en millones de pesos chilenos y no están quitados la estacionalidad. En el caso de Perú, el PIB real fue obtenido del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y del Banco Central de la República de Perú (BCRP), el año base es el 2007 y los valores están expresados en millones de nuevos soles, pero no se menciona que se haya quitado la estacionalidad. Para Colombia la fuente para el PIB real es la Cepal, pero aquí los datos fueron desestacionalizados; el año base es el 2005 y los valores representan billones de pesos colombianos. En síntesis, en los casos en los que los datos no estaban ajustados estacionalmente se ha

efectuado el oportuno ajuste implementando la técnica ARIMAX13.

Los datos para la segunda variable explicativa, la tasa de cambio real, una vez más fueron proporcionados por el Banco Central de Ecuador, tanto los valores trimestrales de la tasa de cambio real multilateral como los respectivos valores de las tasas de cambio bilaterales. Los valores mensuales, de igual forma, fueron proporcionados por el BCE. Después se debió aplicar el oportuno ajuste estacional y se realizó la transformación en términos logarítmicos.

La última variable que se toma para el análisis es la *volatilidad*. En los estudios trimestrales, que tenían un corte 2003q1 2015q4, la volatilidad está caracterizada tomando en cuenta la tasa de cambio real, dato que se obtiene usando la siguiente fórmula propuesta por Bredin, Fountas y Murphy (2003):

$$VOL_t = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\ln TR_{t+i-1} - \ln TR_{t+i-2})^2 \right]^{1/2} \quad [2]$$

donde VOL es la volatilidad de la tasa de cambio real, TR la tasa de cambio real (multilateral o bilateral) y m el orden de la media móvil, igual a 4 para esta aplicación. Para los estudios mensuales, que involucran únicamente las estimaciones por grupo de productos, la disponibilidad de datos determinaba un horizonte temporal comprendido entre el 2013M1 y el 2018M12. Es manifiesto que en este caso no se puede aplicar la misma fórmula porque con un orden igual a 12 para la media móvil se desperdiciaría toda la información relacionada con el año 2013, así que se debió adoptar otra estrategia: se tomó el primer valor útil mensual proporcionado por el índice VIX, que tiene una cadencia diaria. Este índice de riesgo está cotizado en el CBOE y manifiesta la volatilidad que se da en el portafolio de mercado, es decir, en el SP500. En situaciones de turbulencia se refleja en un aumento del índice y viceversa, cuando la economía parece estar tranquila, el índice registra valores más contenidos. Y, como en los casos anteriores, se efectuó el ajuste estacional y la respectiva transformación logarítmica. Únicamente para la variable volatilidad los valores están expresados en porcentaje: así un valor de 0,15 aparece en la serie de Eviews como 15.

Resumiendo, en las estimaciones, las exportaciones siempre llevan el nombre de LXSA, todas las rentas y los índices de precios llevan el nombre de LGSA, todas las tasas de cambio reales se escriben como LTSA y todas las volatilidades se presentan como LVSA.

Para llevar a cabo las estimaciones, en primer lugar, se expone una matriz de correlaciones para ver cómo se comportan los datos, si expresan las características esperadas con base en la teoría económica. Después se aplica la prueba de estacionariedad ADF, con la finalidad de entender en qué casos eventualmente pudieran darse condiciones para cointegración de variables, pues uno de los requisitos es que todas ellas provengan de una raíz unitaria. En las estimaciones que no se cumple este requisito, se encontrarán únicamente coeficientes de corto plazo mediante estimaciones VAR, en los que la selección oportuna de retardos es obrada mediante criterios de información.

Para aquellos modelos que eventualmente pudieran presentar cointegración, se realiza primero una prueba de Engle y Granger sobre los residuos de la relación de largo plazo usando mínimos cuadrados ordinarios dinámicos MCO y errores estándares HAC. Se estiman varios modelos empleando distintos retardos y adelantos y se seleccionan aquellos que poseen el mayor R cuadrado ajustado y que minimizan los criterios de información. Después, para mayor robustez, se decidió efectuar una prueba de Johansen con la finalidad de encontrar un único vector de cointegración, probando con varios retardos. Para verificar de manera estable una relación de largo plazo, se realizan para estos modelos cointegración ARDL y VEC y para los que no superan este segundo escrutinio se estiman mediante modelos de corto plazo VAR.

Lo que se ha descrito hasta ahora es el método de proceder estándar. Sin embargo, en estos últimos años ha surgido una metodología alternativa que busca relaciones de largo plazo entre variables de distinto orden de integración, que pueden ser I (0) e I (1). Este método, ilustrado principalmente por

Pesaran, Shin y Smith (2001), requiere que se cumplan algunos requisitos: las variables explicativas deben ser débilmente exógenas y el orden de integración no debe ser superior a 1. Luego es necesario estimar un modelo de corrección de errores no restringido, verificando que los residuos no estén correlacionados, por lo que es vital seleccionar el correcto número de retardos. En este caso se puede usar el criterio bayesiano de Schwarz. Habiendo llegado hasta este punto es posible finalmente verificar el novedoso *bounds testing* o F test sobre los coeficientes. Con la finalidad de aclarar un poco más este punto, se entrega una ecuación no restringida, y se asume que existe una variable dependiente junto con dos variables explicativas x_1 y x_2 :

$$\Delta y_t = \beta_0 + \sum \beta_i \Delta y_{t-i} + \sum \gamma_j \Delta x_{1t-j} + \sum \delta_k \Delta x_{2t-k} + \theta_0 y_{t-1} + \theta_1 x_{1t-1} + \theta_2 x_{2t-1} + e_t \quad [3]$$

Como se observa, esta ecuación no restringida se parece mucho a un tradicional modelo de corrección de errores, en el que se ha sustituido el término de corrección z_{t-1} por los términos y_{t-1} , x_{1t-1} , x_{2t-1} (Giles, 2013). Como detalle, hay veces en que el criterio de información no sugiere incorporar retardos de una variable z_t , por ello se lleva a cabo la siguiente descomposición $z_t = z_{t-1} + \Delta z_t$, para que puedan ser incluidas en el vector de corrección EC_{t-1} .

Después se aplica un F test, en el que la hipótesis nula es $\theta_0 = \theta_1 = \theta_2 = 0$ y, si ésta se rechaza, se puede concluir que existe una relación de largo plazo entre variables. Obviamente no se pueden aplicar de manera tradicional los estadísticos t y F debido a que sus distribuciones no son estándares. Para el caso, Pesaran, Shin y Smith (2001) proveyeron tablas con valores críticos que varían en función del tamaño de la muestra y del número de variables explicativas. En este caso, el método se parece en ciertos aspectos al Durbin-Watson, ya que existe todo un rango de valores en los que la prueba es inconcluyente, pero si los valores t y F calculados son mayores con respecto al límite superior de la banda se puede estar lo suficientemente seguros sobre la existencia de una relación de largo plazo (estadístico F) o que el coeficiente sea significativo (estadístico t).

Los coeficientes de largo plazo son encontrados hallando el cociente entre cada θ_i con respecto θ_0 y cambiando de signo. Volviendo al ejemplo propuesto anteriormente, el coeficiente de largo plazo asociado a x_1 se encuentra con la siguiente fórmula: $-\left(\frac{\theta_1}{\theta_0}\right)$ y análogamente el coeficiente asociado a x_2 se puede encontrar de la siguiente manera: $-\left(\frac{\theta_2}{\theta_0}\right)$. No hace falta explicar cómo encontrar los coeficientes de corto plazo, ya que en este caso nada cambia respecto al método tradicional, que se expone a continuación.

Las ecuaciones de largo plazo y de corto plazo son elaboradas según el modelo de corrección de errores tradicional. En términos generales, la ecuación de largo plazo con MCO es la siguiente:

$$LXSA_t = \beta_0 + \beta_1 LGSA_t + \sum_{j=-2}^2 \theta_j \Delta LGSA_{t-j} + \beta_2 LTSA_t + \sum_{j=-2}^2 \vartheta_j \Delta LTSA_{t-j} + \beta_3 LVSA_t + \sum_{j=-2}^2 \phi_j \Delta LVSA_{t-j} + \varepsilon_t \quad [4]$$

Se observa que todas las variables terminan en SA porque son ajustadas por estacionalidad (*seasonally adjusted*), directamente por fuente secundaria o, como se mencionó antes, mediante la técnica ARIMAX13 cuando fue necesario. Como todas ellas están expresadas en logaritmos, para el ejemplo precedente hay 2 retardos y adelantos, pero ello es únicamente ilustrativo, pues cada modelo va a tener valores diferentes según la conveniencia. Por su lado, el modelo de corrección de errores es el siguiente:

$$\Delta LXSA_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta LXSA_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta LGSA_{t-i} + \sum_{i=1}^n \vartheta_i \Delta LTSA_{t-i} + \sum_{i=1}^n \varphi_i \Delta LVSA_{t-i} - \gamma(\mu_{t-1}) + e_t \quad [5]$$

donde los valores Δ indican primeras diferencias y representan lo que ocurre en el corto plazo, los subíndices $t-i$ son los retardos de las variables, γ el coeficiente de corrección de errores y μ_{t-1} el residuo de la regresión [3] retardado un periodo. Como se observa en la ecuación [5], se permite una tendencia en los datos puesto que se aceptan dos interceptas, la primera representada por α_0 y la segunda presente internamente a μ_{t-1} .

7. Modelo

En primer lugar, con base en la teoría económica, ya se ha dicho en el apartado anterior que lo que se espera es que β_1 y $\beta_2 > 0$ y $\beta_3 < 0$, es decir, los coeficientes asociados a la renta extranjera y la tasa de cambio real, sean positivos y la volatilidad negativa. Y se puede mirar la matriz de correlaciones entre variables, que puede darnos una indicación previa al respecto, recordando que todo puede cambiar una vez que se ha controlado por más factores.

Tabla 3. Correlaciones entre variables presentes en las estimaciones.

TOTALES				
	LXSA	LGSA	LTSA	LVSA
LXSA	1,00	0,93	-0,13	0,18
LGSA	0,93	1,00	-0,28	0,21
LTSA	-0,13	-0,28	1,00	-0,29
LVSA	0,18	0,21	-0,29	1,00
TOTALES PETROLERAS				
LXSA	1,00	0,98	0,94	-0,08
LGSA	0,98	1,00	0,93	-0,08
LTSA	0,94	0,93	1,00	-0,04
LVSA	-0,08	-0,08	-0,04	1,00
TOTALES NO PETROLERAS TRADICIONALES				
LXSA	1,00	0,22	0,15	-0,08
LGSA	0,22	1,00	0,94	-0,07
LTSA	0,15	0,94	1,00	-0,04
LVSA	-0,08	-0,07	-0,04	1,00
TOTALES NO PETROLERAS NO TRADICIONALES				
LXSA	1,00	0,76	0,80	-0,01
LGSA	0,76	1,00	0,97	-0,11
LTSA	0,80	0,97	1,00	-0,04

LVSA	-0,01	-0,11	-0,04	1,00
EE.UU.				
LXSA	1,00	0,66	-0,31	0,30
LGSA	0,66	1,00	-0,80	0,39
LTSA	-0,31	-0,80	1,00	-0,36
LVSA	0,30	0,39	-0,36	1,00
CHILE				
LXSA	1,00	0,83	0,34	0,27
LGSA	0,83	1,00	0,00	0,14
LTSA	0,34	0,00	1,00	-0,06
LVSA	0,27	0,14	-0,06	1,00
PERÚ				
LXSA	1,00	0,31	0,27	0,19
LGSA	0,31	1,00	-0,05	0,51
LTSA	0,27	-0,05	1,00	-0,62
LVSA	0,19	0,51	-0,62	1,00
COLOMBIA				
LXSA	1,00	0,83	0,68	0,03
LGSA	0,83	1,00	0,34	0,15
LTSA	0,68	0,34	1,00	-0,25
LVSA	0,03	0,15	-0,25	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Observando la Tabla 3, se pueden efectuar algunas observaciones. La variable renta o precio siempre es positiva y por lo general de gran amplitud, con excepción de las exportaciones no petroleras tradicionales y también en el caso de Perú. En lo que concierne a la tasa de cambio real, como ya resaltamos, debería resultar positiva, pues una depreciación real favorece las exportaciones, pero ocurre que, de manera un poco inusual, resulta negativa para el caso agregado y para los EE.UU. La volatilidad que se espera es negativa, pero extrañamente es positiva en la totalidad de los casos en los que su fórmula depende de la tasa de cambio real, mientras que esta variable tiene el signo correcto en los casos inherentes a las exportaciones por grupo de productos en los que se usa el índice VIX. Existe la posibilidad de que efectivamente éste represente una mejor proxy para la volatilidad, pero las decisiones fueron tomadas siguiendo la literatura.

Mirando ahora las cifras de la Tabla 4, se puede afirmar que para las exportaciones totales existe una posible eventual cointegración entre variables puesto que todas poseen raíces unitarias. Al contrario, las estimaciones que involucran los grupos de productos no parecen presentar relaciones de largo plazo, ya que la variable volatilidad (VIX) es estacionaria en niveles. Los números presentes en la tabla corresponden a los valores p encontrados aplicando la Prueba Dickey-Fuller aumentada con constante y tendencia. Por su lado, en las exportaciones no petroleras tradicionales se encontró una tendencia determinista que fue depurada con el filtro de Hodrick y Prescott, por lo que en la regresión se usa únicamente el componente cíclico de la serie. Con respecto a los socios comerciales, para los casos de los EE.UU., Chile y Colombia todas las variables son I (1), así que podría existir una tendencia estocástica común. Al contrario, las exportaciones hacia Perú parecen ser estacionarias en niveles. Como se demuestra en la prueba ADF, trabajada mediante constante y tendencia, se otorga un valor p

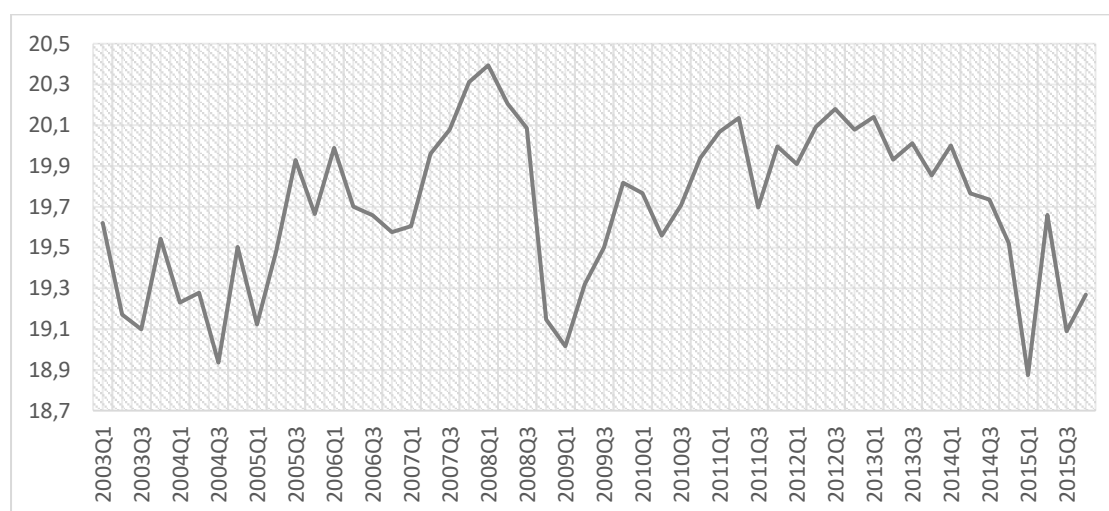
de 0,04, por lo que se pensó calcular además el resultado de la prueba de Phillips-Perron, que arrojó un valor de 0,03. El Gráfico 11 aclara este asunto.

Tabla 4. Prueba ADF.

NIVELES	LXSA	LGSA	LTSA	LVSA
Totales	0,21	0,08	0,94	0,12
Petroleras	0,75	0,85	0,62	0,00
No petroleras tradicionales	0,00	0,81	0,62	0,00
No petroleras no tradicionales	0,65	0,78	0,62	0,00
EE.UU.	0,55	0,36	0,65	0,38
Chile	0,16	0,87	0,80	0,37
Perú	0,04	0,68	0,24	0,40
Colombia	0,84	0,73	0,99	0,45
PRIMERAS DIFERENCIAS				
Totales	0,01	0,02	0,00	0,01
Petroleras	0,00	0,00	0,00	0,00
No petroleras tradicionales	0,00	0,00	0,00	0,00
No petroleras no tradicionales	0,00	0,00	0,00	0,00
EE.UU.	0,00	0,01	0,00	0,00
Chile	0,00	0,00	0,00	0,00
Perú	0,00	0,00	0,00	0,00
Colombia	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Logaritmo de las exportaciones ecuatorianas reales desestacionalizadas hacia Perú en el periodo 2003-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Ecuador (2018).

Al parecer, no existe una tendencia lineal, por lo que es correcto volver a aplicar las pruebas de estacionariedad apreciando únicamente el intercepto. De hecho, bajo esta modalidad, la variable resulta significativa con un nivel de confianza del 99% tanto para el caso Dickey-Fuller como para el Phillips-Perron, por lo que se la puede catalogar como estacionaria en niveles, excluyendo una posible cointegración.

Es momento de mostrar los resultados que involucran el número óptimo de retardos y adelantos para las ecuaciones de largo plazo inherentes a los modelos ARDL estimados con MCO. Se recuerda que se buscan aquellos que tengan el R cuadrado ajustado más alto y al mismo tiempo que minimicen los criterios de información. Con base en los datos finales de la Tabla 5, el modelo agregado lleva dos adelantos y dos retardos porque únicamente el criterio de Schwarz difiere respecto a esta decisión. A su vez, la estimación inherente a los EE.UU. se efectúa implementando un adelanto y dos retardos. Tampoco existen controversias para el caso chileno en el que se ha usado dos adelantos y un retardo. Y para Colombia, se prefirió, como aconsejan la mayoría de criterios, usar un adelanto y dos retardos.

Tabla 5. Selección óptima de adelantos y retardos para los modelos ARDL estimados con MCO.

TOTALES				
	R ^a	AK ^b	SC ^c	HQ ^d
(1,1)	0,893	-3,274	-2,781	-3,085
(1,2)	0,905	-3,354	-2,748	-3,123
(2,1)	0,888	-3,203	-2,591	-2,970
(2,2)	0,913	-3,428	-2,702	-3,152
EE.UU.				
(1,1)	0,663	-0,175	0,317	0,013
(1,2)	0,780	-0,567	0,039	-0,336
(2,1)	0,769	-0,505	0,107	-0,272
(2,2)	0,771	-0,486	0,240	-0,209
CHILE				
(1,1)	0,877	0,995	1,526	1,198
(1,2)	0,869	1,095	1,739	1,341
(2,1)	0,899	0,850	1,500	1,097
(2,2)	0,890	0,968	1,733	1,259
COLOMBIA				
(1,1)	0,880	-1,088	-0,595	-0,900
(1,2)	0,895	-1,182	-0,576	-0,950
(2,1)	0,874	-0,978	-0,366	-0,745
(2,2)	0,891	-1,093	-0,367	-0,817

Los valores entre paréntesis indican respectivamente el número de adelantos y retardos.

^a R cuadrado ajustado

^b Criterio de Akaike

^c Criterio bayesiano de Schwarz

^d Criterio de Hannan y Quinn

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Pruebas de cointegración.

Engle y Granger ^a	Totales	EE.UU.	Chile	Colombia
Estadístico t calculado	-3,78	-5,51	-5,03	-4,28
Johansen ^b				
traza				
1	Sí	No	Sí	No
2	Sí	Sí	No	No
3	No	Sí	No	No
4	No	No	No	No
máximo autovalor				
1	Sí	No	Sí	No
2	Sí	Sí	No	No
3	No	Sí	No	No
4	No	No	No	No

^a La prueba de Engle y Granger de los residuos considera mínimos cuadrados ordinarios dinámicos MCO, en donde el estadístico crítico para $N+1 = 4$ y una muestra aproximada de 50 observaciones es igual a 4,35 (Engle & Yoo, 1987, p. 157)

^b Para la prueba de Johansen se han señalado los casos en los que el valor p presenta un único vector de cointegración. Aquí se implementó la opción que permite tener una tendencia en los datos. Se llevó a cabo esta prueba tomando en cuenta distintos retardos, respectivamente de 1 a 4, que corresponden a los valores delta de las variables en el modelo de corrección de errores.

Fuente: Elaboración propia.

Los números de la Tabla 6 apuntan a que parece existir cointegración para las regresiones que involucran a los EE.UU. y Chile. Para el primero de estos se decidió usar tres retardos para las variables en diferencia con el modelo de corrección de errores con la finalidad de captar mejor el efecto dinámico. Para Chile no se generaron dudas puesto que parece existir cointegración usando únicamente un retardo. En el caso global, falla la prueba de Engle y Granger puesto que el estadístico t calculado es inferior al t crítico con un nivel de significancia del 5%, valor este correspondiente a 4,35. Sin embargo, debido a que la prueba de Johansen se supera se decide estimar usando dos retardos. Para Colombia, ambas pruebas rechazan la presencia de cointegración.

Sintetizando lo analizado hasta ahora, se encontró que para las regresiones que involucran los grupos de productos, Perú y Colombia se estiman únicamente elasticidades de corto plazo mediante modelos VAR, y para los casos totales de EE.UU. y Chile se pueden estimar las elasticidades tanto de corto como de largo plazo mediante cointegración ARDL y VEC.

Tabla 7. Selección de retardos de los modelos VAR mediante criterios de información.

EXPORTACIONES PETROLERAS						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
1	358,97	67,59*	1,20e-10*	-11,49	-10,79*	-11,22*
12	599,20	16,93	0,00	-13,67*	-6,77	-10,97
EXPORTACIONES NO PETROLERAS TRADICIONALES						
0	437,97	NA	0,00	-14,71	-14,57*	-14,66
1	466,93	53,00	0,00	-15,15	-14,45	-14,88*
2	486,04	32,39	2,81e-12*	-15,26	-13,99	-14,76

5	518,38	26,41*	0,00	-14,72	-11,77	-13,57
12	693,83	9,59	0,00	-16,88*	-9,97	-14,18
EXPORTACIONES NO PETROLERAS NO TRADICIONALES						
1	479,56	70,36*	2,02e-12*	-15,58	-14,87*	-15,30*
12	709,72	13,63	0,00	-17,41*	-10,51	-14,72
PERÚ						
0	106,47	NA	0,00	-3,94	-3,79*	-3,88
1	129,53	41,67	0,00	-4,21	-3,46	-3,92*
4	183,07	45,85*	1,55e-07*	-4,43*	-1,87	-3,45
COLOMBIA						
0	188,09	NA*	9,89e-09*	-7,08*	-6,93*	-7,02*

Para los grupos de productos se usaron 12 retardos porque los datos poseen cadencia mensual y para los demás casos se implementaron 4 retardos debido a la estructura trimestral de los datos. Todas las variables fueron insertadas estacionarias, en niveles o en primeras diferencias de acuerdo con la conveniencia. Por razones de claridad y síntesis, se eliminaron de la tabla las filas en las que no había valores significativos para ningún criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Para la selección óptima de retardos de los modelos de vectores autorregresivos de corto plazo se puede mirar la Tabla 7 en la que quedó manifiesta la selección oportuna, viene a ser en estos casos un poco arbitraria, puesto que muchas veces los criterios de información proporcionan sugerencias distintas. Lo que se ha decidido hacer es poseer un justo equilibrio entre el aspecto dinámico, por lo general grande bajo el criterio de Akaike, y la necesidad de mantener contenido el número de parámetros, generalmente bajo mediante el criterio bayesiano. Para el caso, el criterio escogido es el de Hannan y Quinn, por lo que todos los modelos VAR, a excepción de Colombia, llevan un retardo, mientras que este último es estimado sin retardos para las variables explicativas, incluyendo un único retardo para la variable dependiente, con la finalidad de captar los factores no observados (Wooldridge, 2015).

8. Estimación

Lo primero que se desea mostrar son los resultados de las elasticidades de corto plazo inherentes a los modelos VAR. Como deja entrever la Tabla 8, por lo general existen coeficientes estadísticamente no significativos y las volatilidades tampoco ofrecen significancia práctica.

Los R cuadrado ajustados resultan siempre bajos, por lo que los regresores explican poco a la variable dependiente. Existen, sin duda, otros factores que se han omitido y que pueden ser sustanciales para explicar el fenómeno de estudio. Se espera que estos factores no estén correlacionados con una de las variables independientes, ya que, si éste fuese el caso, los estimadores estarían sesgados. Por el coeficiente asociado al índice del petróleo en la primera regresión, un aumento del 10% debería dar lugar a un aumento aproximado del 7% en el valor de las exportaciones petroleras ecuatorianas. Otro aspecto que vale mencionar es el coeficiente asociado a la tasa de cambio real multilateral presente en la estimación inherente las exportaciones no petroleras no tradicionales: una depreciación real del 1% debería aumentar la variable dependiente en aproximadamente el 2%, lo que exhibe una fuerte elasticidad.

Tabla 8. Elasticidades de corto plazo de los modelos VAR.

	LGSA	LTSA	LVSA ^b	R ² ajust.
petroleras	0,71 *** (2,73)	1,88 (0,82)	0,01 (0,08)	0,14
no petroleras tradicionales ^a	-0,63 (-1,55)	0,93 (0,94)	-0,01 (-0,20)	0,10
no petroleras no tradicionales	-0,42 (-1,09)	2,01 ** (2,09)	0,03 (1,08)	0,34
Perú	8,32 * (1,87)	0,21 (0,22)	-0,00 (-0,13)	0,39
Colombia	1,62 (1,30)	0,31 (1,29)	-0,01 (-0,55)	0,06

Variable dependiente *exportaciones*. Las variables se insertaron estacionarias en las estimaciones, por lo que algunas están en primeras diferencias. Para los grupos de productos, LGSA representa el oportuno índice de precios, y para el caso de los socios comerciales representa la renta extranjera, todo ello indicado en profundidad en la sección de metodología.

^a En esta estimación la variable dependiente está tomada en su componente cíclico, debido a que la prueba ADF encontró una tendencia determinista significativa.

Valores *t* de *student* entre paréntesis. Los asteriscos *, **, *** representan los valores *p* significativos respectivamente al 10, 5 y 1%.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de corto y largo plazo para los modelos en los que está presente la cointegración entre variables, tanto mediante regresión ARDL como VEC, se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados de corto y largo plazo para los modelos ARDL y VEC.

	ARDL ^a							
	Corto plazo ^b				R ² aj.	Largo plazo		
	LGSA	LTSA	LVSA	EC(-1)		LGSA	LTSA	LVSA
TOTALES	0,00	0,00	0,00	-0,32 ** (-2,16)	0,13	1,19 *** (8,24)	0,75 ** (2,17)	-2,02 (-1,55)
EE.UU.	-6,04	2,28	-0,00	-0,61 *** (-7,23)	0,57	6,53 *** (5,77)	1,20 (1,20)	-0,14 *** (-2,95)
CHILE	16,38	0,00	0,00	-0,55 ** (-2,08)	0,20	3,03 *** (5,81)	0,34 (0,29)	0,06 ** (2,30)
VEC								
TOTALES	0,00	0,00	0,00	-0,12 *** (-3,64)	0,25	0,73 *** (4,08)	0,40 (1,12)	-12,75 *** (-5,37)
EE.UU.	6,59	0,00	0,18	-0,33 *** (-3,82)	0,46	7,42 *** (9,37)	1,46 ** (2,31)	-0,26 *** (-7,27)
CHILE	15,37	0,00	0,00	-0,83 *** (-5,71)	0,51	2,92 *** (5,17)	0,74 (1,10)	0,05 ** (2,56)

Variable dependiente *exportaciones* (LXSA).

^a Errores estándares robustos a heterocedasticidad y autocorrelación HAC.

^b En este caso, los coeficientes representan la suma de los retardos que resultan significativos al 95%, lo que explica la ausencia de los estadísticos *t* y de los asteriscos.

Valores *t* de *student* entre paréntesis. Los asteriscos *, **, *** representan los valores *p* con nivel de significancia del 10, 5 y 1 % respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede empezar describiendo brevemente los coeficientes del modelo ARDL, tomando en cuenta primero los de corto plazo. La primera regresión que involucra variables agregadas no sugiere coeficientes significativos y lo mismo ocurre para todas las estimaciones que toman en cuenta la volatilidad. En cuanto a la estimación inherente a los EE.UU. se debe aclarar el valor encontrado para la renta extranjera. Ciertamente, el coeficiente negativo está precedido por un retardo positivo que ha sido obviado, pero que tenía un valor p apenas superior a 0,05, y que hubiese anulado el efecto. Al contrario, no cabe duda de que el diferencial de precios entre Ecuador y este país ha impactado significativamente, pues una depreciación real del 1% aumentaría la variable dependiente superior al 2%. Y por lo que se refiere al caso chileno, cuando esta economía crece, impacta positivamente en las ventas ecuatorianas hacia ese país. Efectivamente, la fuerte elasticidad señala que un aumento de la renta chilena de un 1% daría lugar a un aumento aproximado superior al 16% para las exportaciones ecuatorianas hacia ese mercado. Al tomar en cuenta el vector de corrección de errores se puede afirmar que en los tres casos analizados resulta siempre negativo y significativo, lo que confirma la cointegración entre variables. Sin embargo, el R cuadrado ajustado resulta aceptable únicamente en el segundo caso, lo que advierte que existen factores omitidos que explican las exportaciones totales y también hacia Chile.

Si se analizan los resultados de largo plazo relacionados con las estimaciones ARDL, lo primero que se nota es que la variable *renta extranjera* en todos los casos es significativa con un nivel de confianza del 99% y que los coeficientes registran fuertes elasticidades, lo que es particularmente evidente en el caso de los EE.UU. donde un aumento del 1% de su PIB debería aumentar las exportaciones ecuatorianas en un porcentaje superior al 6% hacia ese mercado. Al contrario, la tasa de cambio real multilateral es la única que resulta importante; es inelástica, puesto que su coeficiente es inferior a la unidad. Y como la volatilidad impacta negativamente para la variable predicha en el caso de EE.UU., de manera inesperada toma un valor positivo para Chile, lo que quiere decir que, cuando hay mayor inestabilidad o turbulencia internacional, este país prefiere comprar productos de Ecuador.

Al examinar los resultados de los modelos VEC de corto plazo, a excepción del caso estadounidense, en el que la renta posee un coeficiente positivo y de manera inesperada también la volatilidad, se puede decir que los datos obtenidos no varían mucho respecto a los anteriores. Sí se podría añadir que existen valores distintos para los ajustes en cada trimestre en los valores de largo plazo y se puede afirmar que la estimación inherente a Chile está mejor especificada puesto que su R cuadrado ajustado es mucho mayor, por lo que el valor de 0,51 puede asumirse como aceptable. En cuanto al largo plazo, el coeficiente relacionado con el PIB mundial es inelástico y que la tasa de cambio real bilateral con EE.UU. es significativa, por lo que un aumento del 1% de ésta daría lugar a un aumento de casi el 1,5% de las exportaciones ecuatorianas hacia ese país.

Hasta ahora el análisis se ha elaborado de manera tradicional estándar, por lo que este estudio implementa ahora la metodología novedosa que faculta encontrar coeficientes de corto y largo plazo usando variables con distinto orden de integración, $I(0)$ e $I(1)$. Los casos que cumplen estos supuestos, como se ha reiterado aquí, involucran las regresiones de las exportaciones por grupo de productos y el caso peruano. La selección oportuna de retardos se fundamenta en el criterio de Schwarz y se aplica con la finalidad de mantener contenido el número de retardos, pues la muestra es corta. En el apéndice, se encuentra en detalle la ecuación no restringida (conditional ECM) para cada caso.

La Tabla 10 permite llegar a algunas conclusiones. En primer lugar, la estimación inherente a las exportaciones petroleras no parece muy confiable, ya que el vector de corrección alcanza una cifra superior a la unidad en términos de valor absoluto. La segunda estimación evidencia para el corto plazo una relación fuerte y negativa entre la variable dependiente y el precio de su respectivo índice, es decir, cuando sube el precio de los alimentos, las exportaciones no petroleras tradicionales disminuyen en valor un poco más que proporcionalmente; pero el efecto para el largo plazo es prácticamente opuesto e inclusive la volatilidad toma aquí el signo esperado. La tercera estimación muestra que no existen coeficientes significativos en el corto plazo, pero a largo plazo ocurre siempre lo mismo: aumenta el índice respectivo de precios, lo que genera un aumento en el valor de las exportaciones, en este caso de las no petroleras no tradicionales.

Tabla 10. Estimaciones ARDL con método de Pesaran, Shin y Smith.

ARDL ^a								
	Corto plazo ^b				R ² _{aj.}	Largo plazo		
	LGSA	LTSA	LVSA	EC ^c (-1)		LGSA	LTSA	LVSA
Petroleras		0	0,10	-1,06	0,71	1,02 ***	1,17 ***	-0,13 ***
						(12,59)	(2,92)	(-2,79)
No petroleras tradicionales	-1,06		0,09	-0,95	0,43	0,70 **	-0,64 **	-0,09 **
						(2,54)	(-2,08)	(-2,08)
No petroleras no tradicionales	0		0	-0,45	0,54	1,06 **	-0,16	0,00
						(2,42)	(-0,26)	0,02
Perú	12,59	3,41	0,08	-0,55	0,56	0,36	1,91 **	0,02
						(1,01)	(2,45)	(1,02)

Variable dependiente exportaciones (LXSA).

^a Errores estándares robustos a heterocedasticidad y autocorrelación HAC.

^b En este caso, los coeficientes representan la suma de los retardos que resultan significativos al 95% de la distribución *t-bounds*. Los valores de 0 indican la inexistencia de retardos significativos. Cuando no estuvieron estos valores, no se tomó en cuenta las variables.

^c En este caso no es posible calcular los valores *t* y *p*.

Valores *t* de *student* entre paréntesis. Los asteriscos *, **, *** representan los valores *p* con nivel de significancia del 10, 5 y 1% respectivamente con respecto de las distribuciones *p-bounds*.

Fuente: Elaboración propia.

Una nota aparte merece el caso del socio comercial Perú, en el que todos los coeficientes de corto plazo alcanzan niveles significativos con un nivel de confianza del 99% (solo se examinó un retardo) y se caracteriza por fuertes elasticidades tanto para la renta como para la tasa de cambio real bilateral. Un aumento del 1% en la primera de estas variables aumentaría las exportaciones ecuatorianas hacia ese país en un porcentaje superior al 12% y, al mismo tiempo, una depreciación real del 1% debería incrementar las exportaciones en más del 3%. La volatilidad toma un signo inesperado, pero de poca significancia práctica, y el ajuste que da lugar el vector de corrección de errores es de aproximadamente el 55% para cada trimestre. Finalmente, en cuanto al largo plazo, únicamente la tasa de cambio real bilateral es significativa, así un aumento del 1% daría lugar a un aumento de casi el 2% de la variable dependiente.

Antes de terminar este aparatado es importante señalar como la prueba de exogeneidad débil de Engle, Hendry y Richard (1983) ha sido superada únicamente en el caso peruano en donde todas las variables que explican las exportaciones llevan este requisito. Todo ello indica que las estimaciones ARDL no son de confiar, sino únicamente para predicción.

9. Conclusiones

El presente estudio intentó analizar la elasticidad de la demanda de exportaciones ecuatorianas primero de manera agregada y después intentó entender cómo se comportaba esta variable al separar por grupos los productos vendidos (los petroleros, los no petroleros tradicionales y los no petroleros no

tradicionales); al mismo tiempo, mostró las elasticidades en relación con los principales socios comerciales de Ecuador (EE.UU., Chile, Perú y Colombia). Para el estudio, primero se debió verificar dónde se podían establecer relaciones de largo plazo entre variables. La estimación VAR aplicada en los casos de no cointegración otorgó resultados insatisfactorios, puesto que por lo general el R cuadrado ajustado resultó bastante reducido, evidenciado que, probablemente, se omitieron factores. Más interesante fue el análisis aplicado a las variables que mostraron una tendencia estocástica común, y en el que efectivamente el coeficiente asociado al vector de corrección de errores arrojó casi siempre datos negativos y significativos. Sin embargo, aparte del caso peruano, parece recomendable considerar únicamente los resultados de las estimaciones VEC puesto que nunca se cumple el requisito de exogeneidad débil para las variables. Dicho esto, la regresión agregada total no tuvo una adecuada bondad de ajuste, pero para el caso chileno los resultados principales muestran una enorme elasticidad de la renta a corto plazo y un ajuste rápido para cada trimestre hacia el estado estacionario. A largo plazo, el coeficiente de la renta sigue siendo elástico, pero toma un valor mucho más contenido. Para el caso de EE.UU., los coeficientes son los esperados, es decir, que un aumento de la renta del 1% de este socio comercial se espera en promedio que genere un aumento de las exportaciones entre el 6 y 7% dependiendo del horizonte temporal considerado. A largo plazo, la tasa de cambio real bilateral muestra que una depreciación real del 1% debería favorecer las exportaciones e incrementarlas en casi el 1,5%. Para el caso de Perú, se pueden aceptar como válidos los resultados encontrados mediante la metodología de Pesaran et al. (2001) que permite regresar variables con distinto orden de integración. En esta regresión, los coeficientes de corto plazo presentan signos acordes con la teoría tanto para la renta extranjera como para la tasa de cambio real bilateral. También aquí se hallan grandes elasticidades, que se reducen fuertemente en el largo plazo; únicamente la tasa de cambio muestra cifras significativas.

El caso colombiano es definitivamente inconcluyente, puesto que otorgó siempre cifras insatisfactorias, en consecuencia, las exportaciones hacia este socio comercial deben explicarse mediante otras variables.

Para terminar y contestar las preguntas de investigación, se puede afirmar que, por lo general, en el largo plazo, las variables insertadas sirven para explicar las exportaciones, en donde las elasticidades fueron muchas veces significativas: una subida del índice de precios, una mayor renta o una depreciación real parecen favorecer la venta en el extranjero de los productos ecuatorianos. En cambio, en lo que concierne el corto plazo, muchas veces las elasticidades no son significativas, aunque en ciertos casos pueden presentar inclusive coeficientes de mayor amplitud. Como observación para la política comercial, se puede afirmar que el dólar como divisa fuerte encarece los productos ecuatorianos y vuelve menos competitivas a las empresas ecuatorianas, por lo que la única forma de tratar de aumentar la tasa de cambio real (depreciación real) es procurar mantener reducido el gasto para que no se propicie una inflación.

Agradecimientos

Este artículo representa uno de los tres que conforman la disertación doctoral defendida en la Pontificia Universidad Católica Argentina, por lo que se agradece al tutor de la tesis el Dr. Javier García-Cicco y a los miembros del jurado.

Referencias

- Abbas, M. (2012). Merchandise Export Demand Function For Egypt: a Panel Data Analysis, 1990-2008. *Applied Econometrics and International Development*, 12(1), 107-116.
- Acosta, A., & Cajas, J. (2020). Ecuador... 20 años no es nada: a dos décadas del mito dolarizador. *Revista Economía*, 72(115), 15-32. <https://doi.org/10.29166/economia.v72i115.2220>

- Belloc, M., & Di Maio, M. (2011). *Survey of the Literature on Successful Strategies and Practices for Export Promotion by Developing Countries*. Londres: International Growth Center.
- Bernard, A.B., & Jensen, B.J. (2004). Why some firm export. *The Review of Economic and Statistics*, 86(2), 561-569.
- Bredin, D., Fountas, S., & Murphy, E. (2003). An Empirical Analysis of Short-run and Long-run Irish Export Functions: Does exchange rate volatility matter? *International Review of Applied Economics*, 17, 193-208. <https://doi.org/10.1080/0269217032000064053>
- Buzaushina, A. (2015). Trade elasticities in transition countries. *International Economics and Economic Policy*, 12, 309-335. <https://doi.org/10.1007/s10368-014-0273-z>
- Cermeño, R. S., & Rivera, H. (2016). La demanda de importaciones y exportaciones de México en la era del TLCAN. Un enfoque de cointegración. *El trimestre económico*, 83(329), 127-147.
- Demirhan, E., & Demirhan, B. (2015). The Dynamic Effect of Exchange-Rate Volatility on Turkish Exports: Parsimonious Error Correction Model Approach. *Panoeconomicus*, 62(4), 429-451. <http://dx.doi.org/10.2298/PAN1504429D>
- Engle, R.F., & Yoo, B.S. (1987). Forecasting and testing in co-integrated systems. *Journal of Econometrics*, 35(1), 143-159. doi:[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(87\)90085-6](https://doi.org/10.1016/0304-4076(87)90085-6)
- Engle, R.F., Hendry, D.F., & Richard, J.-F. (1983). Exogeneity. *Econometrica*, 51(2), 277-304. <https://doi.org/1911990>
- Fares, F., & Zack, G. (2018). Un análisis de la restricción externa de la Argentina a través de sus elasticidades agregadas y sectoriales de comercio exterior. *LIII Reunión Anual* (pp. 1-35). Asociación Argentina de Economía Política.
- Giles, D. (13 de junio de 2013). *ARDL Models - Part II - Bounds Test*. Econometrics Beat: David Giles' Blog: <https://davegiles.blogspot.com/2013/06/ardl-models-part-ii-bounds-tests.html>
- Narayan, S., & Narayan, P.K. (2010). Estimating import and export demand elasticities for Mauritius and South Africa. *Australian Economic Papers*, 49(3), 241-252. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8454.2010.00399.x>
- Organización de los Estados Americanos (2020). *Países Andinos - Unión Europea Antecedentes y Negociaciones*. Obtenido de Sistema de Información sobre Comercio Exterior - Brindando información comercial a gobiernos y PYMEs: http://sice.oas.org/TPD/AND_EU/AND_EU_s.ASP
- Paredes, G.J. (2017). Ecuador: ¿por qué salir de la dolarización? *Cepal Review*, 121(1), 149-167.
- Pesaran, H.M., Shin, Y., & Smith, R.J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Sawore, A. (2016). Determinants of Export Trade in Econometric Study with Special Reference to Ethiopia. *International Journal of Science and Research*, 5(12), 132-137.
- Simoes, A.J., & Hidalgo, C.A. (2011). The Economic Complexity Observatory: An Analytical Tool for Understanding the Dynamics of Economic Development. *Workshop at the Twenty-Fifth Conference on Artificial Intelligence AAAI* (pp. 39-42). Cambridge, MA: MIT Media Lab, Macro Connections.

Sultan, Z.A. (2012). Estimation of India's export demand function: The bound test approach. *African Journal of Business Management*, 6(45), 11266-11272. <https://doi.org/10.5897/AJBM12.356>

Thaver, R.L., & Bova, C. (2014). An estimation of Ecuador's export demand function with the US. *The International Journal of Business and Finance Research*, 8(1), 89-102.

Verheyen, F. (2014). The stability of German export demand equations - have german exports suffered from the strength of the euro? *International Economics and Economic Policy*, 11, 529-548. <https://doi.org/10.1007/s10368-013-0260-9>

Villalba, M. (2019). Dos décadas de dolarización, ¿qué hemos aprendido sobre este esquema monetario? En M. Beltrani, C. Cordero, J. Cuattromo, A. Chiriboga, A. Dahik, C. de la Torre Muñoz, ... A. Lieutier. *Dolarización: dos décadas después*. Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador - CONGOPE.

Wasbrum, W., Palma, M., Vasquez, T., Barragan, S., & Landivar, J. (2016). Las Negociaciones entre la Comunidad Andina de Naciones y la Unión Europea y su Impacto en la Balanza Comercial Ecuatoriana 2001 al 2012. *Journal of Economics and Development Studies*, 5(3), 68-78. <https://doi.org/10.15640/jeds.v5n3a8>

Wooldridge, J. M. (2015). *Introducción a la Econometría* (5ª ed.). México, D.F.: Cengage Learning.

Anexo

A. Ecuaciones ARDL de corto plazo según el método de Pesaran, Shin y Smith (2001).

La primera ecuación referida a las exportaciones petroleras tiene la siguiente estructura:

$$\Delta LXSA = -1.26 - 1.06LXSA(-1) + 1.07(LGSA(-1) + \Delta LGSA) + 1.25LTSA(-1) - 0.14LVSA(-1) - 0.85\Delta LTSA - 0.00\Delta LVSA + 0.10LVSA(-1) - 1.06EC(-1)$$

La segunda ecuación de corto plazo inherente las exportaciones no petroleras tradicionales es la siguiente:

$$\Delta LXSA = -0.10 - 0.95LXSA(-1) + 0.66LGSA(-1) - 0.61(LTSA(-1) + \Delta LTSA) - 0.09LVSA(-1) + 0.22\Delta LXSA(-1) + 0.46\Delta LGSA - 1.06\Delta LGSA(-1) + 0.40\Delta LGSA(-2) - 0.66\Delta LGSA(-3) - 0.03\Delta LVSA + 0.09\Delta LVSA(-1) - 0.95EC(-1)$$

La tercera ecuación involucra las exportaciones no petroleras no tradicionales:

$$\Delta LXSA = 1.88 - 0.45LXSA(-1) + 0.48LGSA(-1) - 0.07(LTSA(-1) + \Delta LTSA) + 0.00LVSA(-1) - 0.52\Delta LXSA(-1) - 0.24\Delta LXSA(-2) + 0.06\Delta LGSA - 0.54\Delta LGSA(-1) - 0.04\Delta LVSA - 0.45EC(-1)$$

La ecuación inherente las exportaciones hacia Perú es la siguiente:

$$\Delta LXSA = 3.61 - 0.55LXSA(-1) + 0.20LGSA(-1) + 1.06LTSA(-1) + 0.01LVSA(-1) - 0.27\Delta LXSA(-1) + 12.59\Delta LGSA + 3.41\Delta LTSA + 0.08\Delta LVSA - 0.55EC(-1)$$



Indicador de confianza empresarial en el sector construcción en México a través de un sistema de inferencia difuso

ORTIGOSA HERNÁNDEZ, MAURICIO

Universidad Anáhuac (México)

Correo electrónico: mauricio.ortigosa@anahuac.mx

RESUMEN

En México el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) publica mensualmente un indicador de confianza empresarial (ICE) en varios sectores económicos utilizando la Encuesta Mensual de Opinión Empresarial (EMOE). En este trabajo se hace referencia sólo al sector de la construcción por ser de los más sensibles para el crecimiento de la economía en México. La información oficial que emite el INEGI sobre el ICE para dicho sector es el resultado de la media aritmética simple de cinco indicadores de carácter cualitativo ya proyectados y ponderados. Al aplicar la media aritmética al final del proceso para obtener un indicador de tal importancia, da lugar al debate clásico de aplicar dicha estadística descriptiva en variables cualitativas medidas en preguntas tipo Likert. Para superar dicho problema, se propone llevar las etiquetas utilizadas en las opciones de respuesta de las preguntas utilizadas en el cuestionario EMOE, a variables lingüísticas donde, a través de la metodología de los sistemas de inferencia difuso, se obtiene como resultado un Indicador de Confianza Empresarial Difuso (ICED). Para validar el sistema propuesto, se calcularon desde enero del 2012 hasta febrero del 2021 los nuevos índices de confianza difusos y se compararon con las cifras oficiales emitidas por el INEGI, obteniendo resultados similares, con la ventaja de que los indicadores derivados por el sistema resultaron ser más altos o más bajos en general. Lo que permite este camino es ser más sensible ante cambios de opinión entre empresarios, evitando centralizar las opiniones al utilizar la media aritmética simple.

Palabras clave: sistema de inferencia difuso; lógica difusa; reglas difusas; variable lingüística; Mamdani; escala Likert.

Clasificación JEL: C65, L74, M31.

MSC2010: 03B52, 03B65.

Business confidence indicator in the construction sector in Mexico through a fuzzy inference system

ABSTRACT

In Mexico the National Institute of Statistic and Geography (INEGI) publishes a monthly indicator of business confidence (ICE) for various economic sectors using the Monthly Survey of Business Opinion (EMOE). In the present work reference is made only to the construction segment as it is one of the most sensitive sectors for the growth of the economy in Mexico. The official information issued by the INEGI about the ICE for this sector, is the result of the simple arithmetic mean of five qualitative indicators already projected and weighted. When applying the arithmetic mean at the end of the process to obtain an indicator of such importance, gives rise to the classic debate of applying this descriptive statistic in mean qualitative variables in Likert type questions. To overcome this problem, it is proposed to take the labels used in the answer options of the questions used in the EMOE questionnaire, to linguistic variables, where through the methodology of fuzzy inference systems, a Fuzzy Business Confidence Indicator (ICED) is obtained as a result. To validate the proposed system, the new fuzzy confidence indicators were calculated from January 2012 to February 2021 and compared to the official figures issued by the INEGI, obtaining similar results with the advantage that the indicators derived by the system, turned out to be higher or lower in general. What allows this path is to be more sensitive to changes in opinion among entrepreneurs, avoiding centralizing opinions by using the simple arithmetic mean.

Keywords: fuzzy inference system; fuzzy logic; fuzzy rules; linguistic variable; Mamdani; Likert scale.

JEL classification: C65, L74, M31.

MSC2010: 03B52, 03B65.



1. Introducción

En México, con el nuevo gobierno encabezado por Andrés Manuel López Obrador (2018-2024) del partido Movimiento de Regeneración Nacional (MORENA), a pesar de que hay varios indicadores macroeconómicos como inflación, tipo de cambio, tasa de interés, entre otros, que se encuentran dentro de márgenes estables, hay uno que mide el crecimiento económico de un país: el Producto Interno Bruto (PIB). Este indicador macroeconómico desde el inicio del nuevo gobierno ha tenido una caída que se ha acentuado por la presencia de la pandemia en el mundo ocasionada por el COVID-19. Según cifras oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en el año 2019 el crecimiento del PIB fue del -0.1% (INEGI, 2020) y para cerrar el año 2020 se reportó una cifra del PIB del -8.5% (INEGI, 2021).

El Banco de México consulta de forma recurrente a un grupo de representantes de empresas a través de la Encuesta Mensual de Actividad Económica Regional (EMAER) y de analistas económicos mediante la Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado. Con la información obtenida, el banco elabora un informe trimestral sobre los temas más relevantes en materia de economía en el país. En el trimestre de enero-marzo del 2019 se menciona que existen factores que pudieran obstaculizar el crecimiento económico en México; entre ellos sobresalen los problemas de inseguridad pública; incertidumbre de la política interna; aumento en precios de insumos y materia prima; incertidumbre sobre la situación económica interna y varios más (Banco de México, 2019). Sin mencionar otros elementos actualmente agravados por la pandemia.

Analistas políticos mencionan que el gobierno actual ha dado señales para marcar su hegemonía sobre la participación de la iniciativa privada en la economía de país. Ejemplo de lo anterior es la cancelación del nuevo aeropuerto internacional de México en la localidad de Texcoco en el Estado de México donde se tenía ya un avance del 30% del proyecto y fue sustituido por la adaptación de un aeropuerto militar en Santa Lucía en el mismo Estado. Otro ejemplo que muestra la posición dominante del gobierno ante la iniciativa privada se ilustra en el sector energético al dar preferencia en la producción de energía eléctrica a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) sobre las empresas privadas de ese sector que han invertido ya en México desde hace varios años. El gobierno ha mostrado una clara preferencia y apoyo presupuestal a sus proyectos emblemáticos de campaña como la construcción de la refinería de Dos Bocas en el estado de Tabasco; el tren Maya en el sureste del país, entre otros no menos importantes.

Estas acciones que el gobierno ha tenido en sus primeros años de gestión, han provocado una caída en el Indicador de Confianza Empresarial (ICE) global que abarca los siguientes cuatro sectores: manufacturero, construcción, comercio y servicios privados no financieros; todos ellos han sufrido una pérdida en el nivel de confianza. En el presente estudio se ha seleccionado el sector construcción por ser uno de los más sensibles a la economía. En una comparación anual del mes de mayo del 2020 con respecto a mayo del año anterior, en el informe del mes de julio del 2020, el valor real de la producción de las empresas constructoras reportó un descenso de -34.2% (INEGI, 2020). Para el informe del 1º de julio del 2021 el dato del ICE de ese sector se sitúa durante 32 meses consecutivos por debajo del umbral de los 50 puntos, que indica baja confianza en una escala de 0 a 100 (INEGI, 2021).

Se menciona que hay una relación muy estrecha entre la confianza y las variables macroeconómicas (Demirel & Artan, 2017). De esta forma si los inversionistas perciben altos niveles de confianza en un país, hay más posibilidades que decidan invertir a largo plazo. Siegrist et al. (2005), han probado que si hay confianza y la incertidumbre es baja, entonces hay una percepción de menor riesgo. Nezinský y Baláz (2016) han estudiado que la confianza es uno de los indicadores principales para pronosticar la economía.

Si la confianza es un elemento central que se relaciona con variables macroeconómicas, entonces medirla es una tarea que todo gobierno debe realizar. En México el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a través de la Encuesta Mensual de Opinión Empresarial (EMOE), desde el año 2004 genera indicadores mensuales de carácter cualitativo sobre la tendencia y nivel de confianza a partir de opiniones de dirigentes empresariales en los cuatro sectores antes mencionados (EMOE, 2109).

Al medir o construir un indicador de confianza en México, implica una dosis de incertidumbre asociada con la ambigüedad o subjetividad que tienen los datos recabados por el INEGI para esos fines. Lo anterior ofrece un campo fértil para explorar y utilizar instrumentos que pertenecen a la lógica difusa. Cabe aclarar que un indicador es una medición en términos absolutos en relación al fenómeno a medir, y un índice hace referencia a una razón de cambio entre una fecha determinada con respecto a una fecha base.

El INEGI cada mes publica un ICE para cada uno de los cuatro sectores (manufacturero, construcción, comercio y servicios privados no financieros) y un ICE global como promedio de todos ellos. En el sector construcción, el procedimiento que utiliza el organismo para obtener dicho indicador, es a través de la información recabada por la encuesta EMOE donde a partir de la medición de cinco variables cualitativas (indicadores simples) se construye dicho indicador. Estas variables son medidas a través de preguntas con escalas numéricas tipo Likert bipolares con igual número de alternativas negativas y positivas (Likert 1932, citado en Willits et al., 2016), esto da lugar a uno de los debates clásicos sobre si dichas variables están medidas en escala ordinal o de intervalo (Jamieson, 2004), ya que de eso depende el tratamiento y análisis estadístico que sea oportuno.

Ante este debate se han buscado alternativas para tratar de mitigar esta controversia. Uno de los caminos ha sido incorporar los subconjuntos difusos y la lógica difusa para transformar las categorías o etiquetas de la escala de Likert a variables lingüísticas. En este caso se pondrá a prueba, sólo en el sector de la construcción, una metodología que permita por este camino obtener un indicador de confianza empresarial similar al actual, pero sin utilizar las herramientas estadísticas tales como la media aritmética.

Lo anterior se realiza a través de la metodología de los sistemas de inferencia difusos. Es decir, se diseña para cada una de las cinco variables que mide la encuesta EMOE, una variable lingüística cuyos valores son palabras del lenguaje natural acompañadas de las funciones de membresía. Además, para operar el sistema es necesario el desarrollo de un conjunto de reglas difusas para poner a prueba la lógica difusa estableciendo relaciones del tipo SI<antecedente>ENTONCES<consecuente>, lo que permite por estos mecanismos de inferencia procesar razonamientos semejantes a los realizados por el hombre y así obtener un valor nítido o numérico (crisp) como resultado del sistema. Dicho número es el indicador de confianza difuso propuesto en el presente trabajo.

El artículo ha quedado estructurado de la siguiente manera. En el segundo epígrafe se describe una revisión de la literatura sobre el tema de confianza empresarial y la escala de Likert como instrumento de medición que permitan sustentar el presente trabajo. En el tercer apartado se describe la idea central de la lógica difusa junto con algunos elementos necesarios para comprender así los sistemas de inferencia difusos, incluyendo una muestra de algunas aplicaciones sobre dichos sistemas en diversas áreas de las ciencias sociales. En la cuarta sección se desarrolla la propuesta del sistema para obtener los indicadores de confianza empresarial en el sector de la construcción en México. En el quinto apartado se presenta la aplicación y los resultados del sistema descrito. Al término del documento, se exponen algunas conclusiones de interés.

2. Revisión de la literatura

2.1. Confianza empresarial

En las ciencias sociales los indicadores predominantes para medir el crecimiento económico han sido el Producto Interno Bruto (PIB) o bien el Producto Nacional Bruto (PNB). Phélan (2011) afirma que: “la visión economicista del desarrollo plantea que los países son más o menos desarrollados en la medida en que el PIB o el PNB fuesen más altos” (p.72). A pesar de la utilidad que siguen teniendo estos criterios para el crecimiento económico, la mayor crítica reside en el hecho de que un simple número no refleja la composición de los ingresos ni los beneficios que tiene la gente (Phélan, 2011).

Por esta razón, a lo largo de las últimas décadas se ha trabajado en diversos indicadores e índices sobre desarrollo y bienestar cuya fuente de información son las familias o las empresas.

La literatura revisada se ha circunscrito al indicador de confianza empresarial que es el tema central del presente trabajo. Siegrist et al. (2005) han mostrado que si hay confianza y si la incertidumbre es baja, entonces hay una percepción de menor riesgo lo que incentiva a los empresarios a mayor inversión. Diversos estudios han demostrado que la confianza es un buen criterio para pronosticar la economía e incluso sus ciclos (Bandiera, 2002; Demirel & Artan, 2017; Kleynhans & Coetzee, 2021; Nezinský & Baláz, 2016).

De Lucio y Valero (2009) afirman que: “por los plazos más breves, tanto en el cálculo como en la difusión, la disponibilidad de los indicadores de confianza es mucho más rápida que la de otras variables” (p.14). Kleynhans y Coetzee (2021) expresan que en el caso de Sudáfrica se publican las cifras del PIB con mucha demora e incluso no se publican en absoluto, lo que permite en esta situación utilizar el indicador de confianza empresarial como una variable proxy para pronosticar el ritmo de crecimiento en algunas regiones del país.

Santero y Westerlund (1996) mencionan que los indicadores de confianza tanto de consumidores como empresariales, proporcionan información valiosa para evaluar la posición económica y pronosticar el comportamiento de la producción. “A nivel práctico la confianza no se puede observar ni medir directamente. Por lo tanto, cualquier estimación de la misma debe ser a través de indicadores que con frecuencia son parciales, cualitativos y sujetos a varias interpretaciones” (Santero & Westerlund, 1996, p.5). Lo anterior significa que las respuestas en los cuestionarios están cargadas de subjetividad, pero tienen la ventaja de estar disponibles más fácilmente y con mayor frecuencia que los datos económicos tradicionales como el PIB entre otros. Es importante aclarar que ningún índice o indicador puede ser perfecto porque la realidad es muy compleja y está compuesta por múltiples dimensiones para ser capturadas en un solo número (Phélan, 2011).

Los y Ocheretin (2019) afirman que el indicador de confianza: “es la base para el seguimiento de los ciclos de la dinámica económica y el análisis del clima empresarial del país” (p.1). Si se tiene en cuenta que la confianza empresarial es un indicador que anticipa la situación venidera ya que contempla expectativas o percepciones a futuro por parte de los empresarios, es también un buen criterio para predecir el crecimiento de las inversiones o bien la caída de las mismas (Khan & Upadhayaya, 2020; Los y Ocheretin, 2019). La confianza empresarial funciona como una señal poderosa para el crecimiento futuro de la economía de un país (Adekoya & Oliyide, 2021)

En la literatura se identifican dos metodologías que son referencia para construir los llamados indicadores líderes compuestos regionales, que se han popularizado en el mundo desarrollado y se han convertido en una referencia para los agentes privados y públicos (Gallardo & Pedersen, 2007). El objetivo de dichos indicadores es anticipar los movimientos y ciclos económicos de países o regiones, donde los indicadores de confianza empresarial son tan sólo un componente más entre otros.

Para la región de Europa está el Indicador de Sentimientos Económicos (ISE) de la Comisión Europea (CE) (Gallardo & Pedersen, 2007). Este indicador consiste en un conjunto de encuestas de confianza de consumidores y de empresas en varios sectores tales como la industria manufacturera, construcción, comercio minorista y servicios. Las encuestas se caracterizan por su alta frecuencia (mensual o trimestral) y su carácter cualitativo. Cada país de la zona europea aplica sus propias encuestas a través de los institutos de estadística que tenga cada gobierno, pero los agregados son calculados directamente por la CE.

La segunda metodología es la utilizada para el Sistema de Indicadores Líderes Compuestos (SILC) por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (Gallardo & Pedersen, 2007). En este contexto y con apoyo de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) se llevó a cabo un proyecto llamado Red de Diálogo Macroeconómico (REDIMA) financiado por la Comisión Europea cuya finalidad era impulsar y promover en América Latina y el Caribe las

mejores prácticas internacionales en materia de encuestas de opinión empresarial. Con esto se brinda indicaciones básicas para aquellos países de la región que deseen implantar dichas encuestas o mejorar las ya existentes. Para ello, se llevaron a cabo una serie de talleres internacionales desde el año 2001 hasta el cierre en el año 2007 (Gallardo & Pedersen, 2008).

Cada país ha adoptado en la medida de lo posible las mejores prácticas sobre la aplicación de encuestas a empresarios para medir la confianza. La mayoría de ellas tienen como responsable a los bancos centrales o a los institutos de estadística, siguiendo los lineamientos generales de la CE para países de esa zona geográfica o en el caso de América se utilizan las mejores prácticas internacionales inspiradas en la OCDE y la CEPAL.

A manera de ejemplo para Italia, el indicador de confianza empresarial (ICE) se expresa como la media aritmética de las respuestas a varias preguntas cualitativas de opinión sobre la economía y las expectativas sobre la evolución de empleo (Carnazza & Parigi, 2003). En España las Cámaras de Comercio y otros organismos privados o de gobierno, ya levantaban este tipo de encuestas sobre la actividad económica en varios sectores. No obstante, se decidió en 2003 que a partir de ese momento se elabore de forma más rigurosa un ICE de periodicidad trimestral donde participan una muestra de empresas de diversos sectores como el industrial, construcción, comercio, hotelería y resto de servicios. El cálculo final del ICE se obtiene también con la media aritmética de varios indicadores como son la cifra de negocio, empleo e inversión (De Lucio & Valero, 2009).

En el caso de México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) publica mensualmente un ICE para cada uno de los sectores Manufacturero, Comercio, Construcción y Servicios Privados no Financieros utilizando la media aritmética a las respuestas a cinco preguntas cualitativas una vez ponderadas y proyectadas (EMOE, 2019). Finalmente, el INEGI publica el primer día de cada mes los resultados de los sectores mencionados del mes anterior.

Teniendo en cuenta la literatura consultada, se ha observado que hay algunos elementos en común en el proceso para obtener un indicador de confianza empresarial. Uno de esos componentes es la aplicación de cuestionarios a una muestra de empresarios; dichos instrumentos se caracterizan por tener preguntas cuyo objetivo es medir variables cualitativas. Si bien no todos los países utilizan las mismas preguntas, se puede decir que la constante es que las respuestas son graduales y unidireccionales al tratar de medir opiniones, percepciones o actitudes. Lo anterior significa que hay opciones negativas, una neutra y otras positivas; a este tipo de preguntas se les conoce como escalas de Likert.

2.2. Escala de Likert

La escala mencionada fue propuesta en su forma original en 1932 como disertación doctoral de Renis Likert en psicología por la Universidad de Columbia, a la respuesta bipolar de cinco puntos para medir actitudes, opiniones y percepciones donde hay dos opciones favorables, dos desfavorables y una neutra (Likert 1932, citado en Willits et al., 2016). La propuesta inicial del autor era que cada sujeto exprese el nivel de acuerdo o desacuerdo para cada pregunta dentro de un conjunto de interrogantes (ítems) que tengan relación con el tema de interés. En su origen las cinco categorías o etiquetas de una escala de Likert son: {muy de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo y muy en desacuerdo} y tienen asociadas una escala numérica del 1 al 5. Es necesario aclarar que con el tiempo no todas las etiquetas están vinculadas con el acuerdo o desacuerdo, no obstante, es frecuente que se les denomine escalas ‘tipo Likert’ por generalización (Nader et al., 2015 citado en Matas, 2018).

A pesar de que la escala de Likert se ha adoptado ampliamente en todas las comunidades de investigación en ciencias sociales, el método no ha estado exento de controversias y debates en la comunidad científica debido a la polémica sobre el número de categorías (etiquetas) en la respuesta, la semántica de cada una de ellas, la escala numérica utilizada, el tipo de respuesta intermedia, pero sobre todo el significado y el uso al sintetizar toda la información en un solo dato para medir la actitud (Willits et al., 2016). Lo anterior ha generado una gran variedad de versiones de escalas de Likert que han sido estudiadas y publicadas por académicos a lo largo de varias décadas.

A mediados del siglo pasado, Stevens (1946) desarrolló una teoría sobre las escalas de medición en forma jerárquica identificando las cuatro escalas que hoy se conocen: nominal, ordinal, intervalo y razón. El mismo autor determina que el tipo de medición establece los procedimientos o herramientas estadísticas permitidas con fines analíticos.

Stevens (1946) al establecer su teoría menciona que una diferencia básica entre las escalas ordinal e intervalo es que en la primera las etiquetas o categorías no guardan la misma distancia entre ellas, en cambio en la segunda se conserva una misma distancia entre dos categorías consecutivas. Lo anterior ha permitido establecer ese criterio para considerar la medición como de intervalo utilizando de 3 a 7 valores numéricos regularmente.

Willits et al. (2016) afirma que:

Siguiendo los dictados de Stevens, ambos la escala numérica de Likert y las categorías tipo Likert constituyen una escala ordinal (no de intervalo); y no cumplen el supuesto de normalidad y homocedasticidad, descartando así el uso de la estadística paramétrica. (p.7)

Este resultado ha ocasionado debate y controversia entre investigadores. Joshi et al. (2015) mencionan que se puede identificar dos escuelas de pensamiento: la primera escuela está formada por investigadores y especialistas en estadística que considera la escala de Likert como escala ordinal (Chimi & Russell, 2009; Hodge & Gillespie, 2003; Mazurek et al., 2021; Willits et al., 2016) lo que impide el uso de la aritmética tradicional (suma, resta, multiplicación y división) y mucho menos las estadísticas clásicas tales como la media aritmética y la desviación estándar (Clegg, 1998 citado en Vonglao, 2017).

A manera de ejemplo, Mazurek et al. (2021) realizaron una investigación en la República Checa, Ecuador y Francia para ver si las etiquetas en preguntas de tipo Likert conservan la misma distancia entre dos alternativas consecutivas (equidistantes). El resultado del estudio indica que dichas etiquetas no son equidistantes lo que implica una medición ordinal.

Joshi et al. (2015) citan a la segunda escuela de pensamiento como aquella que considera la escala de Likert como intervalo. Esta corriente se caracteriza por interpretar que lo importante es obtener una puntuación numérica compuesta utilizando todas las categorías (o etiquetas) para un individuo, más que el análisis separado de una sola categoría obtenida de la respuesta de todos los individuos. Bajo esta óptica la puntuación compuesta de un conjunto de diferentes participantes se considera como escala de intervalo, dichos valores numéricos permiten el uso de la media y la desviación estándar entre otros estadísticos (Joshi et al., 2015).

Ante el clásico debate de la escala de Likert si es ordinal o de intervalo, entre otros problemas inherentes a ella, se han propuesto caminos alternativos para medir actitudes. Uno de ellos es aumentar la escala numérica a diez u once valores. Wu y Leung (2017) han mostrado que al aumentar las alternativas de respuesta, la escala se aproxima a una medición de intervalo o a una variable cuasi continua (Chimi & Russell, 2009), aunque existe mayor dificultad para los respondientes en identificar su sentimiento genuino en ese nivel de detalle (Vonglao, 2017).

Una crítica a la escala de Likert hecha por Jamieson (2004) indica que por naturaleza la escala es ordinal y no es correcto utilizar técnicas estadísticas tales como la media o desviación estándar entre muchas otras herramientas para ese nivel de medición. El mismo autor en su comentario menciona que esos principios son ignorados con frecuencia por muchos autores de diversas disciplinas.

Hesketh et al. (1988) en el ámbito de la psicología, ante el problema de estudiar si los puntajes de las pruebas psicológicas son una función de diferencias individuales genuinas o de diferencias impuestas (u obscurecidas) por las limitaciones de los procedimientos de medición. Los autores incorporan la teoría de los conjuntos difusos ya que ésta toma en cuenta la realidad de la imprecisión del pensamiento humano permitiendo rangos de puntaje que pueden ser medidos y traducidos en un

solo puntaje. Por otro lado, la escala de clasificación gráfica difusa, propuesta por los autores, permite abordar de manera directa las nociones de rangos dentro del dominio de medición de actitud.

Este tipo de estudios que han incorporado la teoría de los conjuntos difusos incluyendo la lógica difusa en la medición de actitudes, ha despertado el interés de estudiar la escala de Likert bajo esa óptica. Lalla et al. (2005) en un estudio para medir la actividad docente para el Ministerio de Educación de Italia, comparan dos instrumentos de medición: un cuestionario con escalas y etiquetas tipo Likert y el otro utilizando las mismas etiquetas de Likert como variables lingüísticas en un sistema difuso. El experimento mostró que, si bien los resultados son similares, el sistema arrojó puntajes que resultaron ser generalmente más altos o más bajos que los obtenidos usando el cuestionario con la escala Likert. En otro estudio hecho por Martínez et al. (2012) mostraron que para obtener resultados similares o no entre ambos instrumentos de medición, el tema o asunto que se interroga es un factor determinante para ello.

Las etiquetas de las escalas de Likert tratadas como variables lingüísticas se han ido estudiando a tal grado que Li (2013) ha perfeccionado una escala de Likert difusa donde además de permitir una posición parcial entre las etiquetas de la escala original, el autor incorpora un modelo de consenso que permite una reducción en la distorsión o pérdida de información.

Esta muestra de trabajos donde están presentes los conjuntos y la lógica difusa para medir actitudes, anima a probar una manera diferente de obtener un indicador de confianza empresarial a través de la metodología de los sistemas de inferencia difusos, utilizando las etiquetas de las escalas tipo Likert que actualmente utiliza el INEGI, ahora como variables lingüísticas. Para ello, es necesario presentar algunas ideas básicas de la lógica difusa con algunos elementos necesarios para comprender los sistemas de inferencia difusos en los siguientes epígrafes.

3. Una aproximación a la Lógica difusa

El origen de la lógica difusa se remonta a los años sesenta, donde el Profesor Lotfi A. Zadeh investigador de Ingeniería en la Universidad de California, en 1965 publica su primer artículo sobre lógica difusa titulado “Fuzzy Sets” en la revista *Information and Control*, donde da a conocer sus primeros avances sobre este tema (D’Negri & De Vito, 2006).

La lógica difusa es una extensión de la lógica clásica en contextos donde existe imprecisión o información incompleta. La lógica clásica junto con sus sistemas de inferencia se basan en enunciados donde sólo hay dos posibilidades: falso o verdadero (o bien ceros y unos). En términos de conjuntos clásicos, un objeto o persona, pertenece o no pertenece a un conjunto. Por el contrario, la lógica difusa, se basa en la idea de que el objeto o persona pertenece siempre al conjunto en un cierto grado, medido dentro de un continuo entre cero y uno (Zadeh, 1965).

Lo anterior ha permitido desarrollar el llamado razonamiento aproximado, ya que la lógica difusa y los sistemas de inferencia que también son difusos, permiten a las máquinas procesar razonamientos mucho más cercanos a los realizados por el hombre.

Flores y Camarena (2013) afirman que “la lógica difusa se basa en el concepto de relatividad de lo observado” (p.235). Es una herramienta que permite realizar análisis en escenarios de incertidumbre e imprecisión, cuyo principal potencial se ubica en la polivalencia y gradualidad (Flores & Salas, 2015).

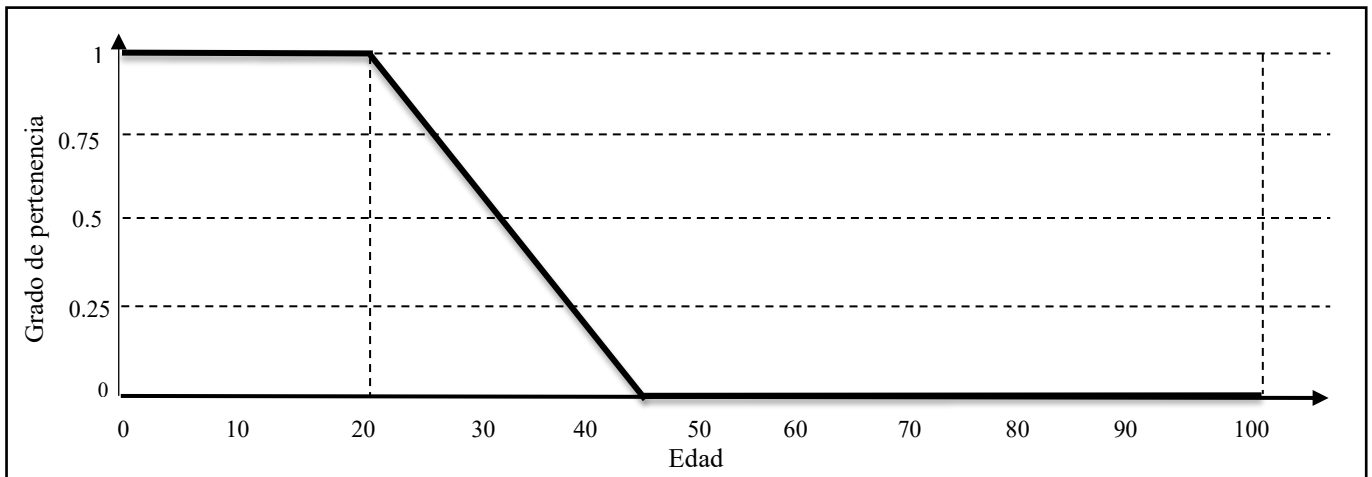
El adjetivo ‘difuso’ se debe a que los valores de verdad, no son deterministas producto de la relación causa-efecto, por tanto, tiene una connotación de incertidumbre; dicho término está relacionado con valoraciones lingüísticas o frases utilizadas en el lenguaje cotidiano (Enciso et al., 2013). En las siguientes líneas se presentan de forma básica algunos elementos de la lógica difusa.

3.1. Conjuntos difusos y variables lingüísticas

Para comprender el sistema de inferencia difuso de este documento, es necesario tener claros los conceptos de conjunto difuso y variable lingüística.

Zadeh (1965) propone la noción de conjunto difuso basado en la idea de que un elemento forma parte de un conjunto con un determinado grado de pertenencia. Como ejemplo, en la Figura 1 se muestra un conjunto difuso definido como: gente joven, siendo aquella no mayor a 20 años. De esta forma se puede ir dando niveles de pertenencia a toda persona. Si el individuo tiene menos de 20 años, tiene un nivel de pertenencia a ese grupo de 1, si la persona tiene más de 45 años tiene un nivel de pertenencia de 0. Pero si la persona tiene entre 20 y 45 años, tendrá un grado de pertenencia todavía al grupo de gente joven. Es decir, el grado de pertenencia se define mediante la función llamada de membresía o pertenencia asociada al conjunto difuso.

Figura 1. Conjunto difuso: gente joven.



Fuente: Elaboración propia.

Una expresión matemática muy común para denotar a un conjunto difuso cuando X es una colección de objetos denotados por x ($X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$), es representar al conjunto difuso A en X como un conjunto de pares ordenados definidos como:

$$A = \{(x, \mu_A(x)), / x \in X\}, \text{ donde } \mu_A: \rightarrow [0, 1]$$

donde X se le conoce como el universo del discurso y $\mu_A(x)$ es la función de membresía que otorga a cada elemento de X un grado de pertenencia entre cero y uno incluyendo los valores numéricos extremos. En la literatura sobre lógica difusa, es muy frecuente que a la función de membresía también reciba el nombre de función de pertenencia, por tanto, ambos términos se utilizan como sinónimos.

Los tipos más comunes de funciones de membresía son: la función Triangular, Trapezoidal, Gausiana, Sigmoideal y Generalizada de Bell (Cruz & Alarcón, 2017).

De la misma forma que los conjuntos tradicionales, en los conjuntos difusos también se tienen operaciones entre conjuntos (unión, intersección y complemento) así como una lista de propiedades (conmutativa, asociativa, distributiva, idempotencia, involución, transitiva y leyes de Morgan). Empleando estas operaciones, propiedades y modificadores tales como: 'ligeramente', 'bastante', 'muy', 'más', 'algo', entre muchos otros, se puede obtener una gran variedad de expresiones (González,

2015). Por ejemplo, siendo A el conjunto gente joven y B el conjunto gente madura, se puede derivar el conjunto C como gente no muy joven y ligeramente madura.

Zadeh (1975) menciona que, para representar el conocimiento a partir de un razonamiento aproximado, tenemos que utilizar variables lingüísticas. Una variable lingüística es aquella cuyos valores son palabras o bien oraciones en un lenguaje natural o artificial (Zadeh, 1975).

Dichas variables se representan a través de conjuntos difusos sobre cierto dominio subyacente de naturaleza numérica. Cada conjunto difuso debe estar asociado a él una etiqueta lingüística. De esta forma, podemos establecer una diferencia elemental: si la variable es numérica, recibe valores de esa naturaleza, por ejemplo: Edad = 7, 8, 9 años, etcétera. y si la variable es lingüística, recibe valores lingüísticos, por ejemplo: Edad = Muy joven, Joven, Mediana edad, Viejo, Muy viejo.

Zadeh (1975) ha establecido que una variable lingüística queda caracterizada por una quintupla de la siguiente forma (V, T(V), X, G, M) donde:

V = es el nombre de la variable

T(V) = denota el conjunto de etiquetas o términos lingüísticos que puede tomar la variable V

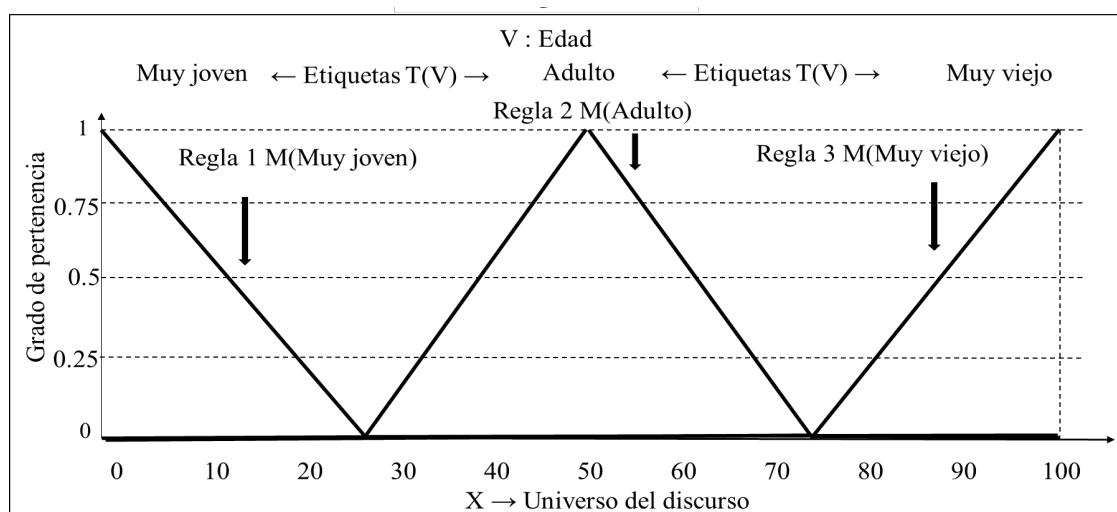
X = es el dominio subyacente o el universo del discurso de la variable V. Son todos los posibles valores numéricos que puede tomar una determinada variable.

G = es la gramática libre de contexto para generar las etiquetas de T(V). De esta forma, una etiqueta lingüística se forma como una sucesión de los símbolos terminales de la gramática. Ejemplo: “muy alto”, “no muy bajo”, “normal”, etc.

M = es una regla semántica que asocia cada término lingüístico con su significado. Cada término o etiqueta se expresa con alguna función de membresía como la triangular, la sigmoide, la gaussiana, entre muchas otras. Es decir, es una regla para cada conjunto difuso.

A manera de ejemplo, la Figura 2 muestra una variable lingüística con sus componentes:

Figura 2. Variable Lingüística Edad.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Estructura de un sistema de inferencia difuso (SID)

La aplicación más extendida de la lógica difusa y las variables lingüísticas son los sistemas de inferencia difusos (SID). Jang et al. (1997) afirma que: “un sistema de inferencia difuso es una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano” (citado en Medina, 2006, p.201). Estas herramientas permiten el manejo de ambigüedades e incertidumbre con un alto nivel de abstracción. En palabras sencillas un SID define una relación no lineal entre una o varias variables de entrada y una variable de salida; lo que permite tomar decisiones o definir patrones en relación al fenómeno en estudio.

Enciso et al. (2013) mencionan que dichos sistemas permiten interpretar valoraciones subjetivas, incorporando el conocimiento de uno o varios individuos que tienen amplia experiencia sobre el tema.

Los SID están conformados por tres 3 componentes esencialmente: el primero es el conjunto de variables lingüísticas de entrada, que incluye en cada una de ellas la definición de las funciones de pertenencia o membresía para cada etiqueta. A esto se le llama fuzificación.

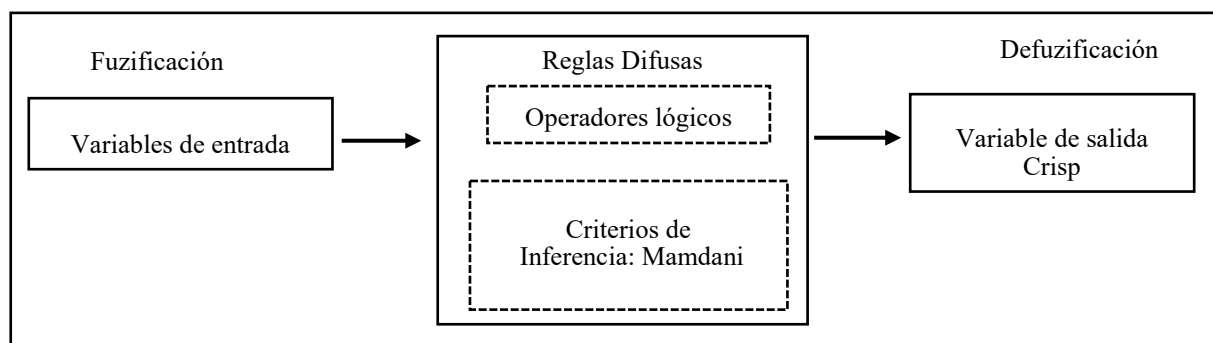
El segundo componente es la variable de salida, convirtiendo las salidas difusas a valores nítidos o numéricos (crisp), a esto se le llama defuzificación y para ello, existen varios métodos como el centroide, bisectriz, máximo central, entre otros más. El más común de todos ellos es el primero mencionado: el centroide.

Un tercer componente son las reglas difusas que permiten establecer la relación entre las variables de entrada y la variable de salida del sistema (Medina, 2006). La regla del tipo: SI<antecedente>ENTONCES<consecuente> de Mamdani propuesto por su autor Ebrahim Mamdani en 1975 es la más usada en diversos campos. Si la regla tiene varios antecedentes, entonces se aplica algún operador lógico como “OR” con la T-conorma (máximo $a \vee b$) o bien “AND” con la T-norma (mínimo $a \wedge b$), e incluso el operador complemento (\bar{a}) (Kaufmann & Gil, 1993) para obtener un único valor que represente el resultado de la evaluación del antecedente, este número (valor de verdad) se aplica al consecuente (Medina, 2006).

Mamdani (1977) muestra algunas aplicaciones de este principio que ha recibido también el nombre de razonamiento aproximado. Medina (2006) menciona que “el razonamiento aproximado es un procedimiento de inferencia usado para derivar conclusiones desde un conjunto de reglas difusas del tipo ‘si-entonces’ y los datos de entrada al sistema mediante la aplicación de relaciones de composición Max-Min o Max-producto” (p.205). Es decir, es una forma de inferir un valor difuso cuando se tienen entradas difusas.

La Figura 3 ilustra un esquema general de un sistema de inferencia difuso:

Figura 3. Sistema de inferencia difuso.



Fuente: Elaboración propia con adaptación de diversos autores.

3.3. Diversas aplicaciones de los SID a las ciencias sociales

Las primeras aplicaciones de los SID tuvieron su origen en ingeniería, disciplina a la que pertenecía el Profesor Lotfi A. Zadeh. Guzmán y Castaño (2006) mencionan que una aplicación emblemática en los orígenes de los sistemas de inferencia difusos ha sido la de Ebrahim Mamdani en 1974 al aplicar los principios de lógica difusa en el control de procesos, de esta forma desarrolla el primer controlador difuso para regular un motor de vapor.

Guzmán y Castaño (2006) mencionan que además del método de inferencia Mamdani para el control de procesos, en 1985 Takagi y Sugeno diseñaron un camino alternativo que lleva como nombre inferencia Takagi-Sugeno-Kang (TSK), esto aunado a la lógica difusa desarrollada por Zadeh, produjo numerosas aplicaciones en diversas áreas como la medicina, aeronáutica e incluso en los aparatos electrodomésticos.

Ambos métodos han sido utilizados en múltiples problemas, pero la inferencia Mamdani representa un marco mucho más natural que el TSK para la representación del conocimiento humano y por tanto ha sido el preferido en aplicaciones en las ciencias sociales en general. Prueba de ello, Medina y Paniagua (2008) desarrollaron un sistema de inferencia difuso a través del método Mamdani, para evaluar la capacidad de crédito de una persona que solicita un préstamo en una Cooperativa de Ahorro y Crédito. Esta evaluación permite conocer la solvencia del usuario como variable de salida teniendo en cuenta las 4 variables lingüísticas de entrada: capacidad de pago, aportes sociales (ingresos por acciones o inversiones que tenga la persona), antigüedad y calificación crediticia. Otro estudio semejante al anterior fue el que desarrollaron Soto y Medina (2004) para medir la solvencia financiera de empresas solicitantes de crédito.

Enciso et al. (2013) desarrollaron un sistema de inferencia difuso usando el método Mamdani, con valoraciones subjetivas que sean determinantes para estimar la inflación en Colombia. Lo anterior se llevó a cabo a partir de la teoría económica donde se determinó como variables lingüísticas de entrada: promedio ponderado de la tasa de intervención (ligada dicha tasa a la política monetaria del país), inflación al cierre de año y la tercera variable se consideró el promedio de crecimiento del producto interno bruto (PIB); la variable de salida estuvo definida como la inflación anual esperada.

En el ámbito empresarial se puede mencionar como ejemplo el trabajo realizado por Flores y Salas (2015), donde aplicando la lógica difusa, diseñan un sistema de inferencia difuso con el método Mamdani para cuantificar la calidad del empleo en México identificando marcadas diferencias en algunas variables más allá de las diferencias salariales entre el hombre y la mujer. Otro estudio aplicando los sistemas de inferencia difusos con el método Mamdani, fue elaborado por Mendoza (2009) donde muestra que la autonomía de un empleado está relacionada con su eficacia en la empresa, y a la vez ese nivel de eficacia es la causa de una futura autonomía en la empresa. Una aplicación más en el mundo de la empresa utilizando estos sistemas es el de Arango et al. (2012), en el que proponen un sistema de medición y análisis basado en el Balance Scorecard que incorpora técnicas de lógica difusa para reducir la incertidumbre en los procesos de análisis y toma de decisiones.

Lo anterior, son apenas algunos ejemplos de las decenas de aplicaciones de los sistemas SID a las ciencias sociales, en particular en la economía y empresa. Con estos antecedentes en diversas áreas, nos damos a la tarea de utilizar estas herramientas para proponer un camino que permita medir la confianza empresarial en el sector construcción en México. Por tanto, en los siguientes apartados se presenta una propuesta de un SID para obtener un indicador a dicha confianza.

4. Propuesta de un sistema de inferencia difuso para medir la confianza empresarial en el sector construcción en México.

El actual gobierno de México ha desarrollado una serie de medidas económicas que han sido toda una afrenta a los inversionistas de la iniciativa privada nacional y extranjera como la cancelación del proyecto del nuevo aeropuerto internacional de la Ciudad de México, el apoyo financiero a la empresa de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para rescatarla de la quiebra, empoderar a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), empresa del estado encargada de la producción y distribución de electricidad, poniendo en riesgo a las empresas privadas que ya han invertido en el país en el sector eléctrico, estas y otras medidas han provocado una caída en la inversión (INEGI, 2020) y una desconfianza en las reglas del juego que el gobierno establece. Por tanto, medir la confianza en el grupo de empresarios adquiere un valor de suma importancia para predecir el crecimiento económico del país.

4.1. Origen de la información: EMOE

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a través de la Encuesta Mensual de Opinión Empresarial (EMOE) establece como objetivo:

Generar indicadores mensuales de carácter cualitativo sobre la tendencia y confianza a partir de las opiniones de los dirigentes empresariales de las unidades económicas, para conocer anticipadamente el comportamiento de la actividad económica de los sectores en estudio, contribuyendo a la toma de decisiones de todos los sectores de la sociedad. (EMOE, 2019, p.1)

La encuesta se caracteriza por ser oportuna ya que de acuerdo a su metodología los datos se captan, procesan, analizan y se generan informes que se difunden el primer día hábil del mes siguiente.

La unidad de observación de la EMOE es la empresa, definida como: “la unidad económica que bajo una sola entidad propietaria o controladora combina acciones y recursos para realizar actividades de producción de bienes, compra-venta de mercancías o prestación de servicios, sea con fines mercantiles o no” (EMOE, 2019, p.3).

EMOE utiliza el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) del año 2013 en donde una empresa puede quedar clasificada en los sectores de Construcción, Industrias Manufactureras, Comercio y Servicios Privados no Financieros.

El presente estudio ha seleccionado el sector de la construcción, debido a que es uno de los más sensibles para medir la economía del país. Al revisar las cifras oficiales que publica el INEGI obtenidas por la Encuesta Nacional de Empresas Constructoras (ENEC) para el mes de mayo 2020, comparado con el mes de mayo 2019 el valor real de la producción mostró una reducción de -34.2%, (INEGI, 2020), siendo esta caída la mayor en muchas décadas agravadas por el nuevo gobierno y la pandemia. Por otro lado, en el informe del INEGI del 1º de julio del 2021 se puede observar que la confianza empresarial en el sector construcción ha permanecido durante 32 meses consecutivos por debajo del umbral de 50 puntos que indica baja confianza en una escala de 0 a 100 (INEGI, 2021).

La encuesta del sector construcción está compuesta por varias secciones: obras ejecutadas; total de contratos y subcontratos; ingresos; materiales; inversión; personal ocupado; situación económica y finalmente observaciones y comentarios.

Para obtener el indicador de confianza de los empresarios, el INEGI toma en cuenta exclusivamente la información capturada en las secciones de inversión y situación económica. Es decir, utiliza cinco preguntas o indicadores simples para calcular un indicador compuesto de confianza empresarial en el sector de la construcción. La primera pregunta hace referencia a la inversión y las cuatro restantes a la situación económica del país y la empresa. Textualmente son las siguientes:

Pregunta 1. ¿Cree que este momento es el adecuado para que se realicen inversiones?

Pregunta 2. ¿Cómo considera usted la situación económica del país hoy en día comparada con la de hace 12 meses?

Pregunta 3. ¿Cómo considera usted que será la situación económica del país dentro de 12 meses, respecto a la actual?

Pregunta 4. ¿Cómo considera usted la situación económica de su empresa hoy en día comparada con la de hace 12 meses?

Pregunta 5. ¿Cómo considera usted que será la situación económica de su empresa dentro de 12 meses, respecto a la actual? (EMOE, 2019, p.69-70)

Cada una de las cinco preguntas anteriores tienen opciones de respuesta con ponderadores diferenciados que van de cero a uno menos la respuesta 'No sabe'. La pregunta 1 tiene tres posibles respuestas con sus ponderadores siguientes:

3 Sí	Ponderador 1
2 No	Ponderador 0
1 No sabe	No existe (en estos casos se excluyen del cálculo de ICE)

Las preguntas de la dos a la cinco tienen las siguientes posibles respuestas con sus ponderadores:

5 Mucho mejor	Ponderador 1
4 Mejor	Ponderador 0.75
3 Igual	Ponderador 0.50
2 Peor	Ponderador 0.25
1 Mucho peor	Ponderador 0.00

El INEGI a partir de la información original anterior, construye un indicador compuesto llamado Indicador de Confianza Empresarial (ICE) que se diseñó de tal forma que el valor numérico fluctúe entre 0 y 100 puntos determinando el valor de 50 como el umbral para decir si la confianza está por abajo o por arriba de dicho umbral. Para mayor detalle sobre su construcción, se puede consultar el documento metodológico EMOE (2019).

Cabe mencionar que el mismo INEGI renombra las preguntas anteriores como variables o indicadores simples con términos más cortos para mayor facilidad en su uso. Así, las preguntas anteriores quedan respectivamente renombradas con los encabezados de las últimas cinco columnas de la Tabla 1. Por ejemplo, si tomamos el dato de septiembre del 2019 publicado el 1° de octubre, el ICE del sector construcción se ubica en 49.2 (INEGI, 2019), ligeramente abajo del umbral de confianza. Con la información de dicho comunicado, en la misma Tabla 1 podemos comprobar que el valor numérico del ICE en la primera columna es la media aritmética de los cinco indicadores simples una vez proyectados y ponderados.

Tabla 1. Nivel del indicador de confianza empresarial de septiembre 2019.

Período	Indicador de Confianza Empresarial (ICE)	Momento adecuado para invertir	Situación económica presente del país	Situación económica futura del país	Situación económica presente de la empresa	Situación económica futura de la empresa
sep-19	49.2	27.3	44.0	61.8	47.9	65.1

Fuente: INEGI, comunicado de prensa núm. 477/19 del 1 de octubre del 2019.

En relación a las 5 preguntas anteriores de la encuesta EMOE para calcular el ICE en el sector construcción, la primera pregunta ‘momento adecuado para invertir’ es una variable cualitativa bipolar con 2 valores numéricos y las siguientes cuatro preguntas, definidas también por el INEGI como cualitativas, también son bipolares con 5 valores que van del 1 al 5, donde 1 es ‘Mucho peor’ y 5 es ‘Mucho mejor’, esto es una forma entre muchas de las escalas tipo Likert.

Teniendo en cuenta la literatura revisada se identificó un debate, ya que hay autores que indican que las escalas de Likert están cargadas de subjetividad y por tanto es difícil garantizar equidistancia y simetría entre las categorías o etiquetas de respuesta (Chimi & Russell, 2009; Jamieson, 2004; Mazurek, et al., 2021; Stevens, 1946; Willits et al., 2016), por tanto, se deben tratar como escalas ordinales.

La controversia o debate se presenta al observar el tratamiento estadístico que realiza el INEGI para calcular el ICE al suponer, que los cinco indicadores simples son variables cuantitativas en escala de intervalo, lo que implica actuar con precaución y cautela al momento de obtener las estadísticas tales como la misma media aritmética utilizada al final del cálculo. Para mayores detalles técnicos se puede consultar el documento metodológico EMOE (2019). Esto es un ejemplo de la segunda escuela de pensamiento que permite a la escala de Likert ser tratada como medida de intervalo (Joshi et al., 2015).

Una vez planteada la controversia o debate, en el presente estudio se propone un camino diferente para obtener un indicador que tenga un comportamiento similar al publicado por el INEGI, a través de un SID. Utilizando como datos de entrada al sistema los cinco indicadores simples que calcula el INEGI, pero ahora como variables lingüísticas, donde a través de reglas difusas y mecanismos de inferencia de la lógica difusa, es posible obtener como resultado del sistema un indicador nítido o numérico de confianza empresarial.

El período de estudio para probar el sistema de inferencia comprende desde enero del año 2012 hasta febrero del año 2021. Este espacio de tiempo incluye los 6 años del gobierno anterior del expresidente Enrique Peña Nieto del Partido Revolucionario Institucional (PRI) y algo más de los dos primeros años del actual presidente de México Andrés Manuel López Obrador del partido MORENA. En la Tabla 2 se muestra un fragmento de los 110 meses con los datos de entrada que se emplea en el SID localizados en las últimas cinco columnas.

Tabla 2. Cifras originales del indicador de confianza empresarial de las empresas constructoras y sus componentes.

Período	Indicador de Confianza Empresarial (ICE)	Momento adecuado para invertir	Situación económica presente del país	Situación económica futura del país	Situación económica presente de la empresa	Situación económica futura de la empresa
ene-12	57.2	46.1	49.7	64.2	55.3	70.9
feb-12	56.8	44.4	49.2	64.9	55.0	70.5
mar-12	57.2	45.3	49.3	66.8	54.6	70.0

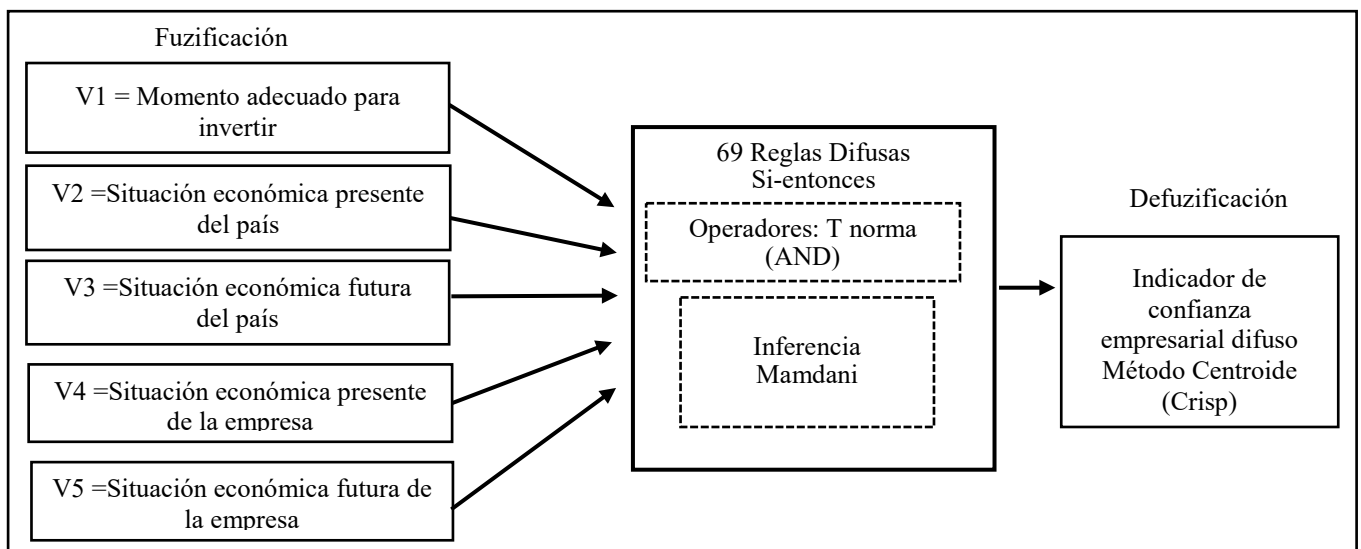
...
...
...
ene-21	43.8	21.6	31.1	58.8	43.4	63.9
feb-21	44.5	23.5	31.3	59.1	44.1	64.4

Fuente: INEGI <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.html?nc=100100064>

4.2. Elementos del SID para obtener el Indicador de Confianza Empresarial Difuso

El sistema de inferencia propuesto en el presente trabajo, se ilustra en la Figura 4 con las variables de entrada y salida, y las reglas difusas que permiten operar al mismo.

Figura 4. Sistema de inferencia difuso para calcular el indicador de confianza empresarial en México.



Fuente: Elaboración propia.

Para la presentación detallada del sistema, se describe en tres etapas:

Etapas 1. Proceso de Fuzificación.

El proceso inicia con la determinación de las variables lingüísticas tanto de entrada como de salida del sistema, sus etiquetas lingüísticas y sus funciones de membresía (Medina, 2006).

1.1. Variables de entrada. En el epígrafe anterior, se había mencionado que a partir de las cinco preguntas utilizadas en la encuesta EMOE, el mismo INEGI renombra a dichas preguntas con términos más cortos para mayor facilidad en su uso. De esta forma las 5 variables de entrada quedan definidas como:

Pregunta 1 pasa a ser la V1 = Momento adecuado para invertir

Pregunta 2 pasa a ser la V2 = Situación económica presente del país

Pregunta 3 pasa a ser la V3 = Situación económica futura del país

Pregunta 4 pasa a ser la V4 = Situación económica presente de la empresa

Pregunta 5 pasa a ser la V5 = Situación económica futura de la empresa

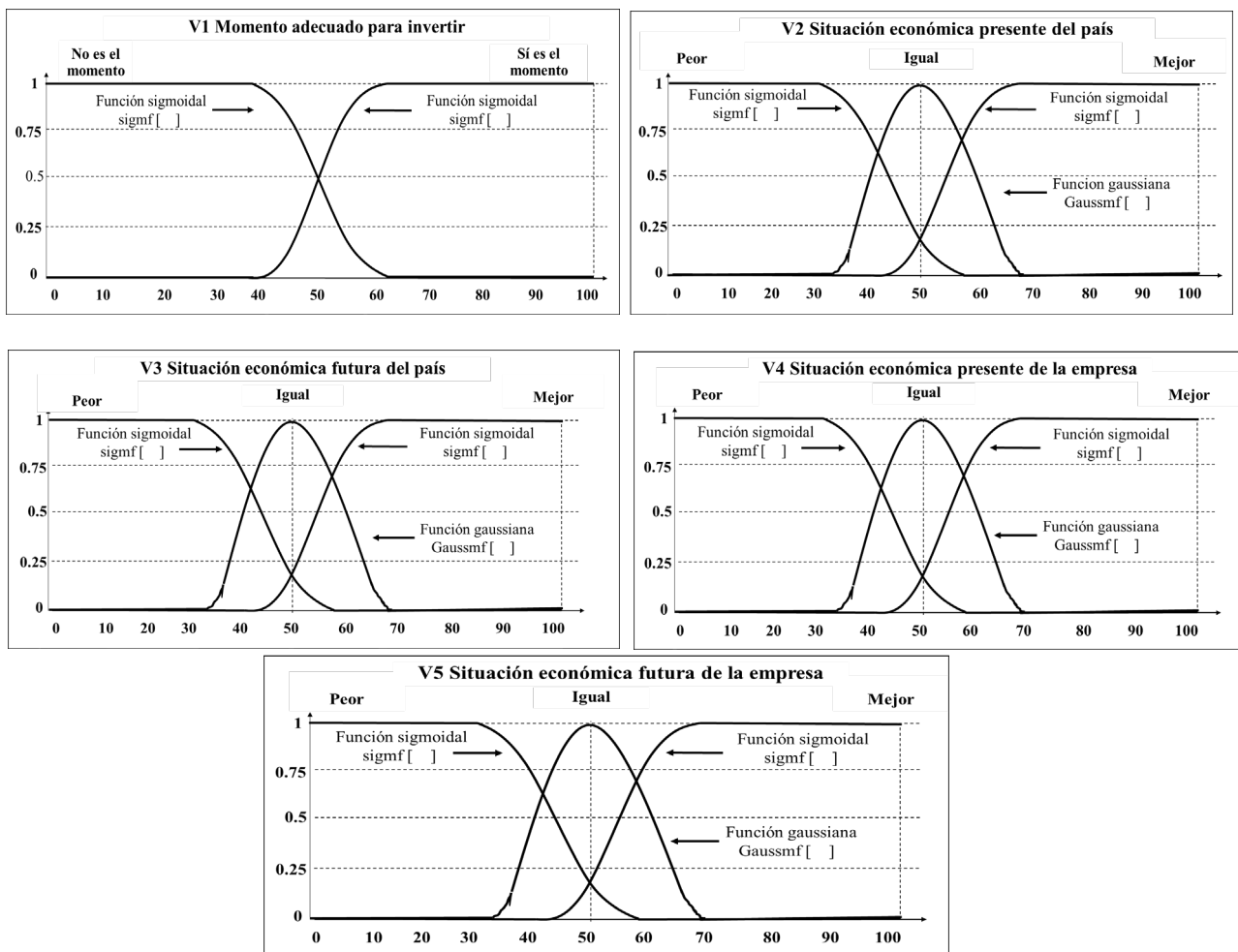
1.2. Variable de salida. Como variable de salida tenemos el indicador de confianza empresarial.

1.3. Etiquetas de las variables lingüísticas y sus funciones de membresía. Seleccionar las funciones de membresía no es una tarea fácil y requiere en muchas ocasiones la opinión de varios expertos en el tema. Cabe mencionar que antes de tener el sistema como se presenta, se realizaron varios intentos de otras funciones de membresía como Triangulares, Gamma, entre otras, junto con diferentes parámetros que se descartaron en su momento por haber obtenido resultados inconsistentes con las mediciones que publica el INEGI.

En este caso, el criterio a seguir para proponer las funciones de membresía, fue conservar una similitud entre las 5 preguntas utilizadas en el cuestionario. Recordar que la V1 es bipolar de dos puntos y las variables de V2 a la V5 están en escala de Likert de 5 puntos. Con la finalidad de ganar simplicidad, la V1 se conserva de forma bipolar ‘borrosa’ proponiendo la función sigmoideal para las dos alternativas de respuesta, y de la V2 a la V5 se conservaron de las cinco alternativas de respuesta, sólo las tres respuestas centrales; proponiendo una función gaussiana para la respuesta intermedia ‘Igual’, quedando ‘Peor’ y ‘Mejor’ también con funciones sigmoideales, eliminando los extremos de ‘Mucho peor’ y ‘Mucho mejor’.

En la Figura 5 se muestran las funciones de membresía Sigmoideales y Gaussianas que se proponen para cada una de las cinco variables de entrada al sistema. La forma gráfica de dichas funciones, corresponden a los parámetros que se definen más adelante en la Tabla 3.

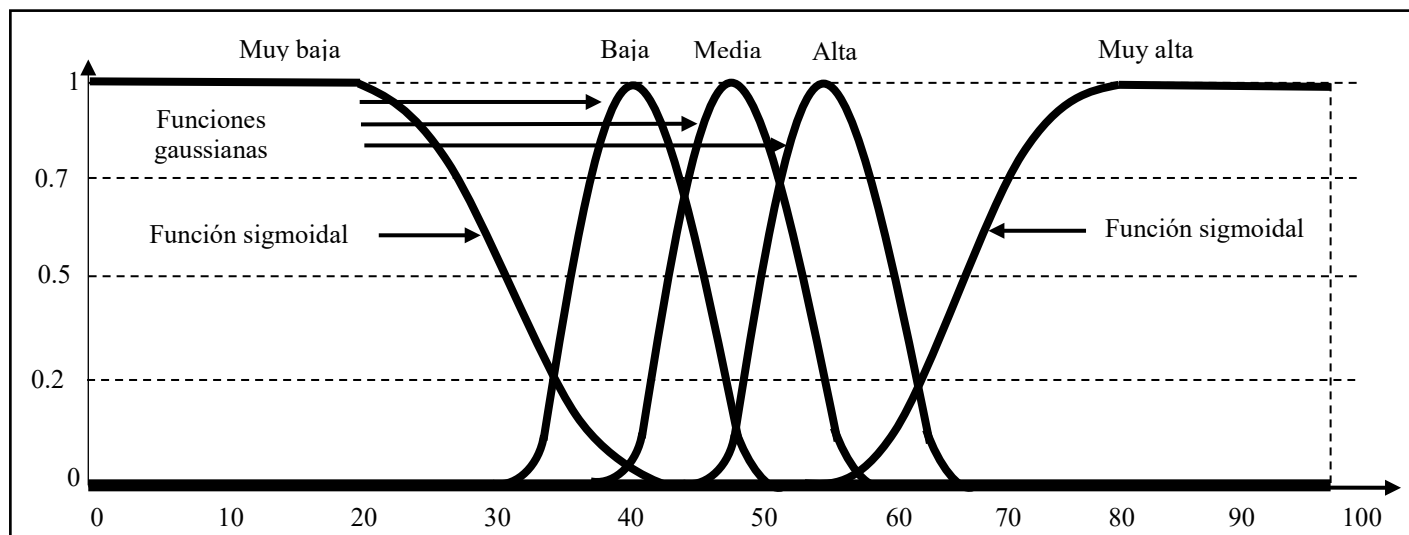
Figura 5. Funciones de membresía de las variables de entrada.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 muestra las funciones de membresía Sigmoidales y Gaussianas de la variable de salida del sistema para cada una de las etiquetas.

Figura 6. Funciones de membresía de la variable de salida: Indicador de confianza empresarial.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se resume la definición de cada variable de entrada y salida del sistema: nombre de la variable, el universo del discurso o valores que puede tomar, las etiquetas lingüísticas y por supuesto las funciones de membresía o pertenencia para cada etiqueta con sus respectivos parámetros que determinan la forma de cada función. El software utilizado en el presente trabajo es el FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

Tabla 3. Definición de las variables del sistema de inferencia difuso.

Tipo de variable	Nombre de la variable	Universo del discurso	Etiquetas lingüísticas	Función de membresía o pertenencia. Notación utilizada de Matlab (parámetros)
Entrada	V1: Momento adecuado para invertir	[0, 100]	No es momento	sigmf [-0.3 50]
			Sí es momento	sigmf [0.3 50]
Entrada	V2: Situación económica presente del país	[0, 100]	Peor	sigmf [-0.2 45]
			Igual	gaussmf [3 50]
			Mejor	sigmf [0.2 55]
Entrada	V3: Situación económica futura del país	[0, 100]	Peor	sigmf [-0.2 45]
			Igual	gaussmf [3 50]
			Mejor	sigmf [0.2 55]
Entrada	V4: Situación económica presente de la empresa	[0, 100]	Peor	sigmf [-0.2 45]
			Igual	gaussmf [3 50]
			Mejor	sigmf [0.2 55]

Entrada	V5: Situación económica futura de la empresa	[0, 100]	Peor	sigmf [-0.2 45]
			Igual	gaussmf [3 50]
			Mejor	sigmf [0.2 55]
Salida	Confianza empresarial	[0,100]	Muy baja	sigmf [-1 40]
			Baja	gaussmf [3 45]
			Media	gaussmf [3 50]
			Alta	gaussmf [3 55]
			Muy alta	sigmf [1 60]

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 2. Establecimiento de las reglas difusas: si-entonces.

Las reglas difusas especifican el vínculo entre las variables de entrada y salida del sistema (Medina, 2006). Por tanto, son una parte esencial para el funcionamiento del sistema y son de la forma:

SI <antecedente> ENTONCES <consecuente>

Como las reglas en este sistema tienen múltiples antecedentes, se unen con el operador lógico AND utilizando la T-norma (mínimo $a \wedge b$) (Kaufmann & Gil, 1993), de esta forma se obtiene un único valor que representa el resultado de la evaluación de los antecedentes; ese resultado es el que se aplica al consecuente.

En los sistemas de reglas clásicas de la forma SI<antecedente>ENTONCES<consecuente>, Diciembre (2017) sostiene que “si el antecedente es verdadero, el consecuente es también verdadero. En sistemas donde el antecedente es difuso, todas las reglas se ejecutan parcialmente, y el consecuente es verdadero en cierto grado” (p.46). Estos mecanismos de inferencia o razonamiento aproximado permiten inferir un valor difuso cuando se tienen entradas difusas (Medina, 2006).

De los mecanismos de inferencia existentes, se elige el método Mamdani por ser el más utilizado en las ciencias sociales. Por este camino, es habitual listar todas las reglas difusas para saber cómo se obtiene la salida del sistema.

Para establecer las reglas difusas propuestas en el presente trabajo, se inició desarrollando todas las posibles reglas que se podrían obtener uniendo los cinco antecedentes con el operador AND que corresponden a las cinco variables de entrada obteniendo un total de 162 ($2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3$) reglas totales. Posteriormente se realizó una depuración detallada de cada una de las reglas para eliminar aquellas que no tenían ningún sentido o lógica alguna, conservando aquellas que tengan el consecuente muy evidente. Por último, se consultó con algunos expertos un número menor de reglas para su consideración y opinión. Con este proceso se redujeron a 69 reglas difusas que son las que se capturaron en FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

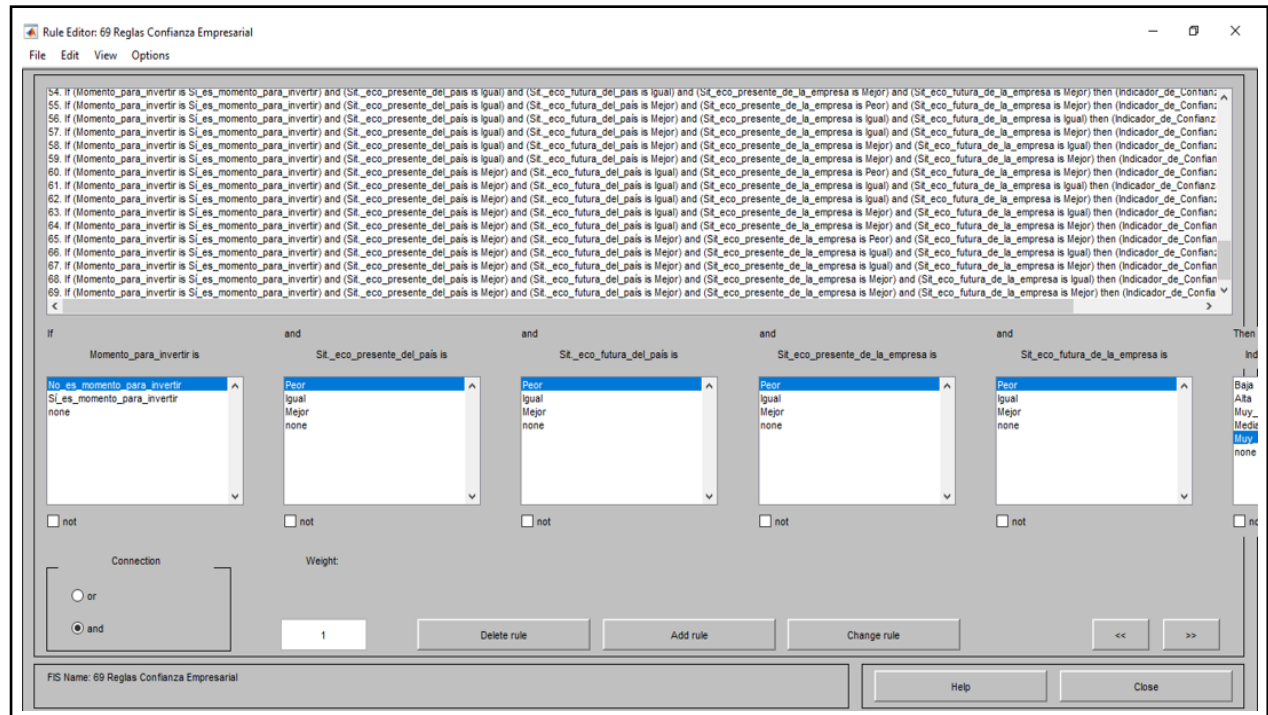
Para ilustrar lo anterior a continuación se muestra la primera y la última regla escrita en Matlab.

Regla 1. Si <V1: momento adecuado para invertir es NO> AND Si < V2: Situación económica presente del país es PEOR> AND Si < V3: Situación económica futura del país es PEOR> AND Si < V4: Situación económica presente de la empresa es PEOR> AND Si <V5: Situación económica futura de la empresa es PEOR> ENTONCES<Confianza empresarial es MUY BAJA>

Regla 69. Si <V1: momento adecuado para invertir es SÍ> AND Si < V2: Situación económica presente del país es MEJOR> AND Si < V3: Situación económica futura del país es MEJOR> AND Si < V4: Situación económica presente de la empresa es MEJOR> AND Si <V5: Situación económica futura de la empresa es MEJOR>ENTONCES<Confianza empresarial es MUY ALTA>

Por haber resultado un número grande de reglas en este sistema, en la Figura 7 se muestra sólo un fragmento del editor de reglas difusas.

Figura 7. Editor de reglas difusas entre las variables de entrada y salida.



Fuente: Elaboración propia con FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

Etapas 3. Defuzificación.

Una vez concluidas las etapas de Fuzificación y el establecimiento de las reglas difusas, se procesa a operar el SID para obtener el indicador de confianza empresarial. El sistema se ilustra en la Figura 8.

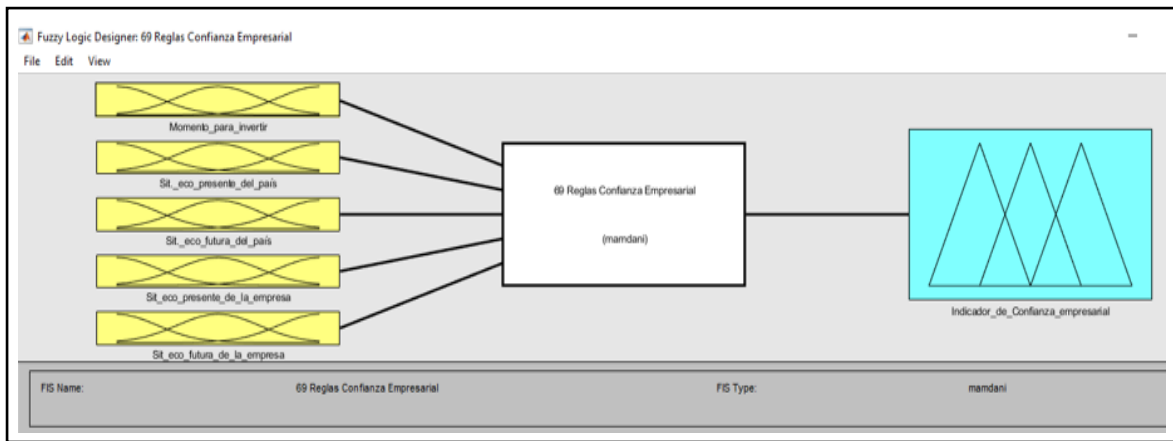
La forma de operar el sistema es capturando los valores de cada variable de entrada. Dichos valores se someten a las reglas difusas del tipo: SI <antecedente> ENTONCES <consecuente> y de esa forma se obtiene para cada regla un <consecuente> difuso, donde con ello, se realiza una agregación de los <consecuentes> para proceder a la etapa última llamada defuzificación.

El proceso de defuzificación permite asociar a un conjunto difuso un valor numérico (crisp) como solución al sistema planteado.

Si en un sistema de inferencia difuso se obtiene una conclusión a partir de la información de entrada y ésta última se expresa en términos difusos, el <consecuente> es también difuso en función del método de inferencia utilizado (en este caso Mamdani), pero el dato de salida del sistema debe ser un único valor numérico (crisp) que sea representativo de todo el conjunto; de hecho, existen varios métodos de defuzificación y arrojan en general resultados diferentes (Diciembre, 2017).

En este caso se ha utilizado el centroide por ser el más común y ampliamente utilizado. Este criterio calcula el centro de gravedad del área limitada por la curva de la función de membresía para ser el valor de salida representativo de la cantidad difusa y ese número es la medición del indicador de confianza empresarial (ICE), por lo cual para diferenciarlo del publicado por el INEGI se identifica como el ICE difuso (ICED).

Figura 8. Sistema de Inferencia Difuso (SID) para obtener un indicador de confianza empresarial.



Fuente: Elaboración propia con FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

En la Figura 9 se muestra un fragmento de las 69 reglas donde, a manera de ejemplo, se capturan las cinco cifras originales publicadas por la encuesta EMOE referente a la confianza empresarial para el sector construcción del mes de enero 2021 y se observa con el proceso de defuzificación, que el valor de salida (crisp) es 38.6 siendo este número el indicador de confianza empresarial que arroja el sistema de inferencia difuso. Este procedimiento se realizó para cada uno de los 110 meses.

Figura 9. Proceso de defuzificación.



Fuente: Elaboración propia con FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

5. Resultados

El modelo se puso a prueba con 110 meses que corresponden de enero del año 2012 a febrero del año 2021. Como ya se había mencionado en el apartado 3.1 ‘Origen de la información: EMOE’, los datos corresponden a los 6 años del gobierno anterior del PRI con el expresidente Enrique Peña Nieto y algo más de los dos primeros años del actual gobierno de Morena del presidente Andrés Manuel López Obrador.

Para comprobar el funcionamiento del sistema, se realizó una correlación entre los indicadores de confianza empresarial (ICE) publicados por el INEGI y los indicadores de confianza empresarial difusos (ICED) obtenidos por el sistema que estamos proponiendo y resultó que la correlación total de todo el período es de $r = 0.96$. Al ser el coeficiente de correlación muy alto, se puede decir que ambos indicadores tienen una estrecha relación entre sí.

El resultado de una correlación así de alta muestra que las reglas difusas utilizadas en el sistema propuesto, permiten obtener un ICED con un comportamiento muy similar a los publicados por el INEGI, con la ventaja de que el valor numérico obtenido no se basa en la media aritmética simple, más bien pone a prueba la lógica difusa desarrollada por Zadeh y la inferencia desarrollada por Mamdani. Lo anterior muestra una vez más que el razonamiento aproximado, es la capacidad del ser humano de obtener conclusiones útiles a partir del conocimiento incompleto, impreciso, subjetivo o con cierto grado de incertidumbre.

En la Tabla 4 se muestra para cada mes del período de prueba, los ICE tanto del INEGI como los ICED que arroja el sistema.

Se ilustra en la Figura 10 una gráfica de línea donde se puede apreciar el comportamiento similar de ambos indicadores donde, como se había dicho, se obtuvo una correlación total de 0.96. No obstante, se calcularon las correlaciones para cada período de gobierno y se puede observar en la misma Figura 10 que la correlación del período del presidente Andrés Manuel López Obrador resultó más alta con 0.99 comparada con 0.95 del período del gobierno anterior con el expresidente Enrique Peña Nieto. La comparación entre los dos períodos de gobierno induce a pensar que las reglas difusas construidas en este momento están más en sintonía con el conocimiento y percepción que tiene el empresario del actual gobierno contrastado con el régimen anterior.

Un resultado interesante al observar los niveles del ICED en la Figura 10 en todo el período de prueba, es que a pesar de que los resultados se comportan muy semejantes, el sistema arrojó indicadores que resultaron ser generalmente más altos o más bajos que los publicados por el INEGI, además de tener una mayor dispersión los indicadores del ICED vs ICE. Prueba de ello, el coeficiente de variación es 21.36% vs 9.82% respectivamente. Este resultado es parecido al estudio comparativo que realizaron Lalla et al. (2005) donde en su experimento para medir la actividad docente en Italia, los puntajes resultaron por lo general más altos o más bajos en el sistema difuso que los obtenidos usando la Escala de Likert. Lo anterior indica que los SID utilizando variables lingüísticas, son capaces de captar mayor realismo comparado con las estadísticas como la media aritmética utilizada al final de su cálculo por el INEGI, además de que el promedio no es muy confiable en reportes o informes en virtud de centralizar los datos en general.

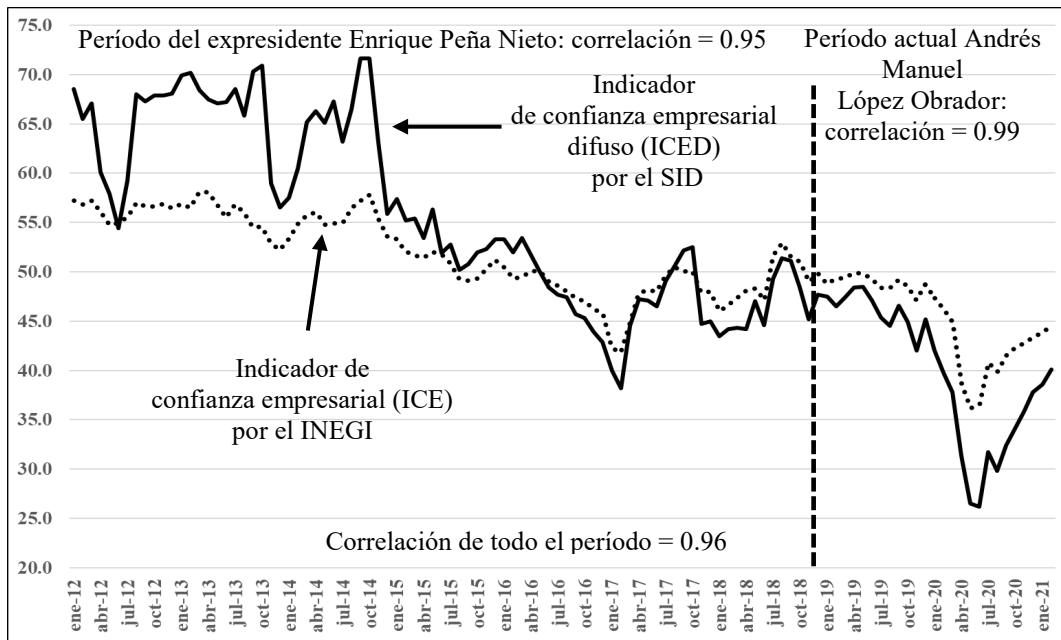
Se puede apreciar en la misma Figura 10 que al inicio del nuevo gobierno de Morena al parecer ambos indicadores muestran una cierta estabilidad y conforme avanza la gestión del actual gobierno y el efecto de la pandemia, se observa una tendencia a la baja en el indicador de confianza empresarial con ambos criterios de medición. Cayendo de forma más pronunciada los indicadores obtenidos por el SID al tener cifras más bajas. En los últimos meses del período en estudio se puede apreciar una recuperación a dicha caída. Cabe recordar que estos indicadores son cifras absolutas.

Tabla 4. Indicadores de confianza empresarial del sector construcción en el período de prueba.

Fecha	Indicador de confianza empresarial (ICE) por el INEGI	Indicador de confianza empresarial (ICED) por el SID	Fecha	Indicador de confianza empresarial (ICE) por el INEGI	Indicador de confianza empresarial (ICED) por el SID
ene-12	57.2	68.5	ago-16	48.0	47.4
feb-12	56.8	65.5	sep-16	47.3	45.7
mar-12	57.2	67.1	oct-16	47.0	45.3
abr-12	56.0	60.1	nov-16	46.2	43.9
may-12	54.7	57.9	dic-16	45.8	42.9
jun-12	55.0	54.4	ene-17	42.3	40.0
jul-12	55.6	59.2	feb-17	41.8	38.2
ago-12	57.0	68.0	mar-17	44.7	44.5
sep-12	56.6	67.3	abr-17	47.8	47.2
oct-12	56.6	67.9	may-17	48.2	47.1
nov-12	56.9	67.9	jun-17	48.0	46.5
dic-12	56.4	68.1	jul-17	49.6	49.1
ene-13	56.9	69.9	ago-17	50.5	50.6
feb-13	56.5	70.2	sep-17	50.0	52.2
mar-13	58.1	68.4	oct-17	50.1	52.5
abr-13	58.1	67.5	nov-17	47.9	44.7
may-13	56.8	67.1	dic-17	48.0	45.0
jun-13	55.5	67.2	ene-18	46.0	43.5
jul-13	56.8	68.5	feb-18	46.7	44.2
ago-13	56.0	65.8	mar-18	47.4	44.3
sep-13	54.5	70.3	abr-18	48.1	44.2
oct-13	54.6	70.9	may-18	48.3	47.0
nov-13	52.9	59.0	jun-18	47.1	44.6
dic-13	52.2	56.5	jul-18	51.7	49.3
ene-14	53.4	57.5	ago-18	52.9	51.4
feb-14	54.9	60.5	sep-18	51.5	51.1
mar-14	55.8	65.2	oct-18	51.0	48.4
abr-14	56.0	66.3	nov-18	49.0	45.2
may-14	54.8	65.1	dic-18	49.8	47.7
jun-14	54.9	67.3	ene-19	48.8	47.5
jul-14	55.0	63.2	feb-19	49.3	46.5
ago-14	56.5	66.5	mar-19	49.4	47.4
sep-14	57.2	71.6	abr-19	49.9	48.4
oct-14	57.8	71.6	may-19	49.8	48.5
nov-14	55.3	63.1	jun-19	49.3	47.1
dic-14	53.5	55.9	jul-19	48.4	45.4
ene-15	53.3	57.4	ago-19	48.3	44.5
feb-15	52.1	55.2	sep-19	49.2	46.6
mar-15	51.7	55.4	oct-19	48.6	44.9
abr-15	51.4	53.4	nov-19	47.1	42.0
may-15	52.0	56.3	dic-19	48.7	45.2
jun-15	51.8	51.9	ene-20	47.3	42.0
jul-15	50.9	52.8	feb-20	46.2	39.8
ago-15	49.3	50.2	mar-20	44.9	37.8
sep-15	49.1	50.8	abr-20	38.6	31.3
oct-15	49.3	52.0	may-20	36.2	26.5
nov-15	50.2	52.3	jun-20	36.5	26.2
dic-15	51.2	53.3	jul-20	40.8	31.7
ene-16	50.4	53.3	ago-20	39.9	29.8
feb-16	49.3	52.0	sep-20	41.5	32.4
mar-16	49.5	53.4	oct-20	42.3	34.1
abr-16	50.1	51.7	nov-20	42.8	35.8
may-16	50.0	50.0	dic-20	43.4	37.8
jun-16	49.0	48.4	ene-21	43.8	38.6
jul-16	48.6	47.7	feb-21	44.5	40.1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Comparativo del indicador de confianza empresarial entre INEGI y el SID.

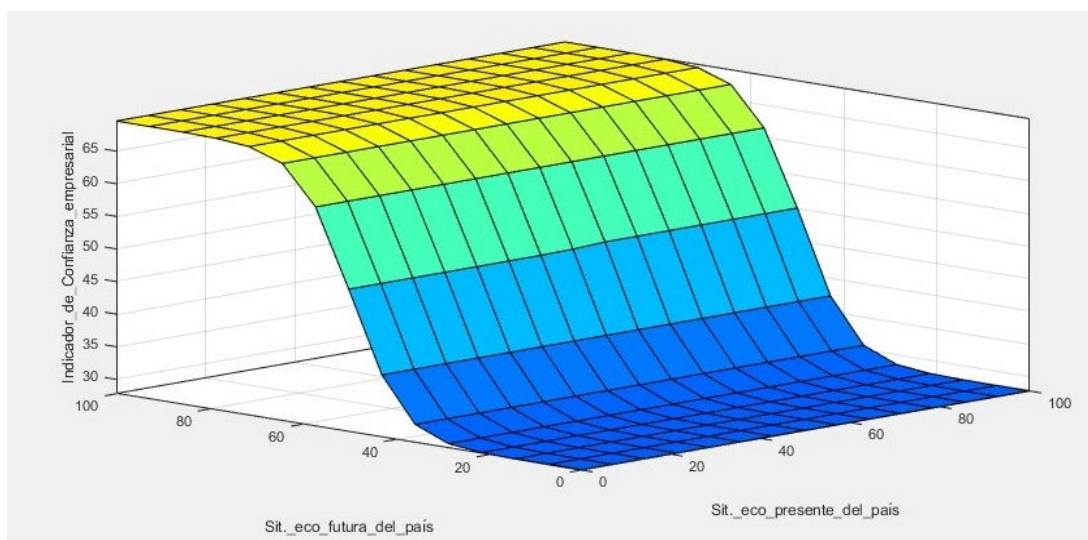


Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, Matlab elabora unas gráficas en tercera dimensión donde seleccionando ciertas variables del sistema, se puede observar el comportamiento de alguna variable de interés. Con esto presente, se ilustran tres figuras de todas las posibles combinaciones.

En la Figura 11 se aprecia que una condición necesaria para aumentar el indicador de confianza empresarial, es mejorar la percepción de la situación económica futura del país (ver eje vertical). La otra variable en cambio, el nivel de percepción de la situación económica presente del país sea cual sea su nivel, no tiene ningún efecto en la confianza empresarial. En suma, el peso mayor lo tiene la expectativa a futuro de la economía para mejorar la confianza en este sector.

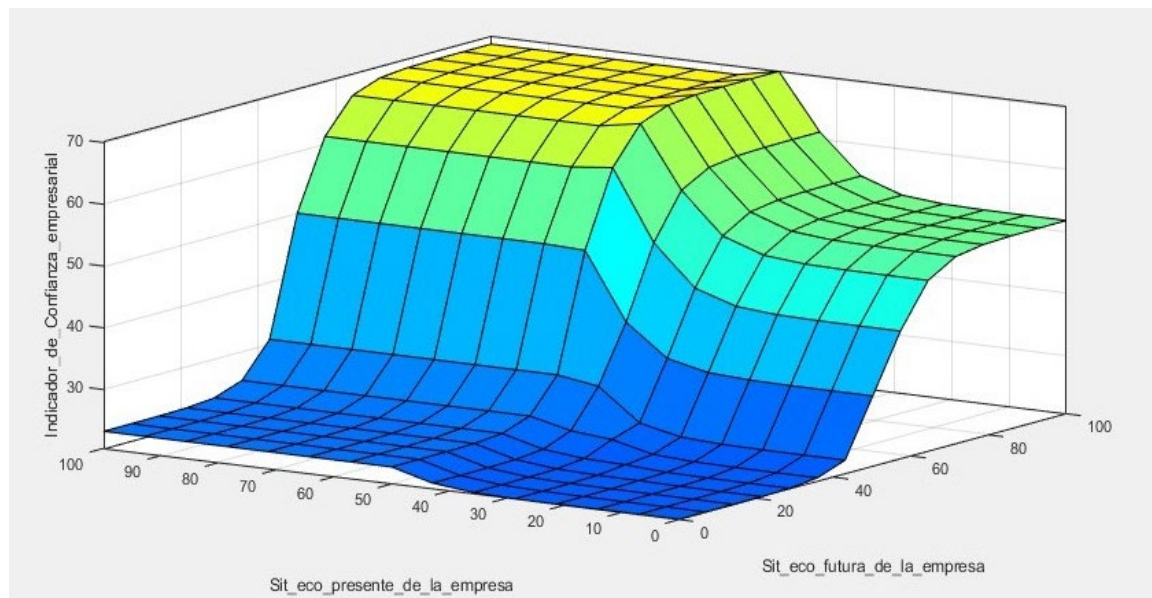
Figura 11. Indicador de confianza empresarial en función de la situación económica presente y futura del país.



Fuente: Elaborado con FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

En la Figura 12 se puede apreciar que para niveles bajos en la percepción de la situación económica de la empresa tanto presente como futura, el indicador de confianza empresarial es también bajo (ver eje vertical). No obstante, en la medida en que la percepción de la situación económica futura de la empresa es superior, va aumentando el indicador de confianza empresarial teniendo un repunte mayor cuando la percepción de la situación económica presente de la empresa sea también superior. Es decir, habrá una mayor confianza empresarial en la medida en que exista una mejor percepción de la situación económica de la empresa presente y futura.

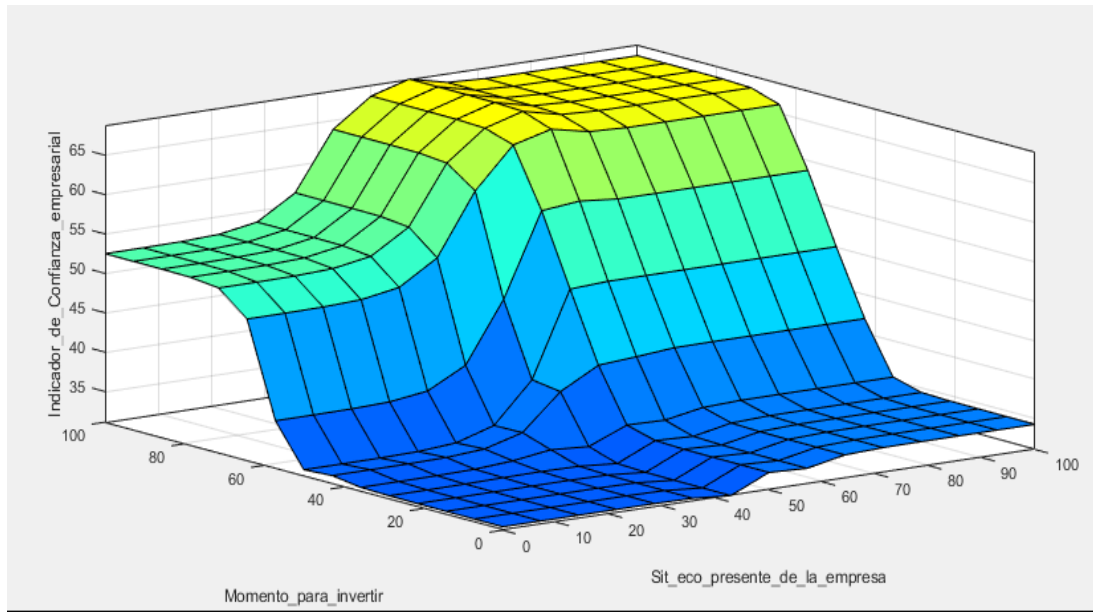
Figura 12. Indicador de confianza empresarial en función de la situación económica presente y futura de la empresa.



Fuente: Elaborado con FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

En la Figura 13 el comportamiento del sistema indica que mientras la percepción de la situación económica presente de la empresa sea baja al igual que los niveles de percepción de la variable momento de invertir, el indicador de confianza empresarial se mantendrá también en niveles muy bajos (ver eje vertical). Pero conforme mejore los niveles de percepción de las dos variables anteriores, crecerá el indicador de confianza empresarial. En este caso, se aprecia que la percepción del momento adecuado para invertir es un detonador importante para aumentar la confianza empresarial en el sector construcción.

Figura 13. Indicador de confianza empresarial en función de la situación económica presente de la empresa y el momento de invertir.



Fuente: Elaborado con FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

6. Conclusiones

El indicador de confianza empresarial en el sector construcción obtenido por el sistema de inferencia difuso, ofrece resultados cuyo comportamiento a lo largo del tiempo de prueba son similares a la información oficial que emite el INEGI. Es decir, la propuesta ofrece resultados consistentes con la ventaja de que las puntuaciones del ICED en general son más bajas o más altas. Es decir, el SID proporciona una medición más sensible ante cambios en la percepción u opinión de los empresarios sobre la situación económica de sus empresas y el país. Esto coincide con otros estudios similares como el de Lalla et al. (2005).

Si bien los indicadores numéricos por ambos caminos conservan una muy alta correlación, la aportación del presente trabajo radica en que la cifra absoluta del indicador de confianza empresarial difuso no es el resultado de una media aritmética simple de los cinco indicadores simples del cuestionario proyectados y ponderados, es más bien el resultado de la aplicación de la lógica difusa junto con una serie de reglas que se establecen como producto del conocimiento del fenómeno en estudio. Esto reduce el debate de utilizar la media aritmética en variables cualitativas medidas por el INEGI para obtener el ICE.

El sistema de inferencia difuso diseñado con las 69 reglas establecidas, permite obtener un indicador de confianza empresarial con niveles bajos en los últimos meses, reflejo de la forma de gobernar y el impacto económico de la pandemia mundial. Si el gobierno no cambia el rumbo de su estrategia para generar mayor confianza en la inversión y acelerar la reactivación económica del país, los niveles de confianza en los empresarios en este sector se mantendrán por más tiempo en niveles bajos.

El sistema presentado en este documento ha resultado ser útil, mostrando una vez más la necesidad de transitar de la lógica clásica (verdadero o falso) hacia la lógica difusa donde todo elemento pertenece a un conjunto en un cierto nivel.

El presente documento forma parte de un cuerpo de trabajos ya existentes donde se buscan alternativas para trabajar variables medidas en la forma de Likert a través de la transformación de esas etiquetas a variables lingüísticas, como la escala de Likert difusa propuesta por Li (2013). Con esto se trata de capturar toda la ambigüedad o subjetividad que tienen los datos obtenidos por el INEGI a través de la encuesta EMOE.

En el sistema difuso diseñado no existe el umbral del valor 50 puntos como la línea fronteriza entre si hay confianza o no hay confianza, como lo establece el documento metodológico utilizado por el INEGI (EMOE, 2019). En este caso, todo es cuestión de interpretar adecuadamente las cifras absolutas que arroja el sistema.

Por otro lado, el diseño del software Matlab permite al usuario poder desarrollar sistemas de inferencia sin necesidad de ser un experto en programación. No obstante, los sistemas de inferencia difusos, también tienen algunos inconvenientes tales como: la necesidad de contar con información de algún o algunos expertos en el proceso, y una vez puesto a funcionar el sistema no es fácil en muchos casos determinar los cambios que se necesitan hacer en las funciones de membresía, reglas difusas, métodos de inferencia y defuzzificación para obtener resultados razonables en la salida como se ha obtenido en este caso. Cualquier pequeña modificación puede ocasionar cambios drásticos en la eficiencia del sistema.

En definitiva, se puede decir que el presente estudio, se incorpora al cuerpo de trabajos desarrollados desde hace varios años con la finalidad de mostrar cómo las escalas de Likert se pueden adaptar al contexto de los subconjuntos borrosos y la lógica difusa. En este caso, a través de un SID se logró medir un indicador de confianza para las empresas que conforman el sector de la construcción con herramientas que rompen los paradigmas tradicionales. Esto es tan sólo un eslabón de un camino por transitar.

Referencias

- Adekoya, O.B., & Oliyide, J.A. (2021). Business confidence as a strong tracker of future growth: is it driven by economic policy uncertainty and oil price shocks in the OECD countries? *Future Business Journal*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s43093-021-00103-7>
- Arango, M.D., Serna, C.A., & Pérez, G. (2012). La gestión de indicadores empresariales con lógica difusa para la toma de decisiones. *Lámpsakos*, 8 (1), 47-53. <https://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/678/650>
- Banco de México (2019). *Informe trimestral enero-marzo 2019*. <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/%7B970DDE85-9C2D-BF98-570A-D1266B1144C9%7D.pdf>
- Bandiera, L. (2002, diciembre). *The Role of Business Confidence Indicators in the International Interdependencies between Germany and the United States*. (Kiel Advanced Studies Working Paper No. 398) https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1078918
- Carnazza, P., & Parigi, G. (2003). Tentative business confidence indicators for the Italian economy. *Journal of Forecasting*, 22(8), 587-602. <https://doi.org/10.1002/for.878>
- Chimi, C.J., & Russell, D.L. (Noviembre 8, 2009). *The Likert scale: A proposal for improvement using quasi-continuous variables*. [Sesión de conferencia] Information Systems Education Conference, Washington, DC.

- Cruz, A., & Alarcón, A.D. (2017). La lógica difusa en la modelización del riesgo operacional. Una solución desde la inteligencia artificial en la banca cubana. *Cofin Habana*, 11(2), 122-135. <http://www.cofinhab.uh.cu/index.php/RCCF/article/view/232>
- De Lucio, J., & Valero, M. (2009). El Indicador de Confianza Empresarial de las Cámaras de Comercio. *Índice: revista de estadística y sociedad*, 32, 14-17. <http://www.revistaindice.com/numero32/p14.pdf>
- Demirel, S.K., & Artan, S. (2017). The causality relationships between economic confidence and fundamental macroeconomic indicators: Empirical evidence from selected European Union countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(5), 417-424. <https://econjournals.com/index.php/ijefi/article/view/5356>
- Diciembre, S. (2017). *Sistemas de Control con Lógica Difusa: Métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK)*. [Tesis de Grado. Universitat Jaume I]. Repositori Universitat Jaume I. <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/173788>
- D'Negri, C.E., & De Vito, E. L. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, 6(3), 126-136. <https://www.redalyc.org/pdf/3821/382138367007.pdf>
- Enciso, M., Acosta, A., & Campo, J. (2013). Sistema de inferencia difuso para la inflación en Colombia. *Ensayos sobre Política Económica*, 31(71), 73-84. <http://www.scielo.org.co/pdf/espe/v31n71/v31n71a5.pdf>
- Encuesta Mensual de Opinión Empresarial (EMOE) (2019). EMOE: *síntesis metodológica: serie 13: Encuestas Económicas Nacionales*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México: INEGI https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825109110.pdf
- Flores, L., & Camarena, M. (2013). Evaluación de programas públicos en el marco de la realidad social. Metodología basada en la lógica difusa como instrumento para el análisis de fenómenos sociales. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social: ReLMIS*, 5, 8-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5275941>
- Flores, L., & Salas, I.A. (2015). Las brechas de género en la calidad del empleo en México. Una valoración basada en modelos de lógica difusa. *Análisis Económico*, XXX(75), 89-112. <https://www.redalyc.org/pdf/413/41343702004.pdf>
- Gallardo, M., & Pedersen, M. CEPAL (2007). *Indicadores líderes compuestos: resumen de metodologías de referencia para construir un indicador regional en América Latina*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4750>
- Gallardo, M., & Pedersen, M. CEPAL (2008). *Encuesta de opinión empresarial del sector industrial en América Latina*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4770/S0800468_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González, C. (2015). *Lógica difusa una introducción práctica, técnicas de Soft Computing*. https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf
- Guzmán, D., & Castaño, V.M. (2006). La lógica difusa en ingeniería: principios, aplicaciones y futuro. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 24(2), 87-107. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/2640/2591>

- Hesketh, B., Pryor, R., Gleitzman, M., & Hesketh, T. (1988). Practical applications and psychometric evaluation of a computerised fuzzy graphic rating scale. *Advances in Psychology*, 56, 425-454. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)60493-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)60493-8)
- Hodge, D.R., & Gillespie, D. (2003). Phrase completions: An alternative to Likert scales. *Social Work Research*, 27(1), 45-55. <https://www.researchgate.net/publication/234692602>
- INEGI (2019, 1 octubre). *Indicadores de Confianza Empresarial: Cifras durante septiembre de 2019*
[Comunicado de Prensa Número 477/19]
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/ice/ice2019_10.pdf
- INEGI (2020, 25 febrero). *Producto interno bruto de México durante el cuarto trimestre de 2019*
[Comunicado de Prensa Número 110/20]
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/pib_pconst/pib_pconst2020_02.pdf
- INEGI (2020, 6 julio). *Indicador mensual de la inversión fija bruta en México durante abril de 2020*
[Comunicado de Prensa Número 298/20]
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/imfbcf/imfbcf2020_07.pdf
- INEGI (2020, 23 julio). *Indicadores de empresas constructoras: Cifras durante mayo de 2020*
[Comunicado de Prensa Número 344/20]
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/enec/enec2020_07.pdf
- INEGI (2021, 25 febrero). *Producto interno bruto de México durante el cuarto trimestre de 2019*
[Comunicado de Prensa Número 157/21]
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/pib_pconst/pib_pconst2021_02.pdf
- INEGI (2021, 1 julio). *Indicadores de Confianza Empresarial: Cifras durante junio de 2021*
[Comunicado de Prensa Número 365/21]
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/ice/ice2021_07.pdf
- Jamieson, S. (2004). Likert scales: How to (ab) use them? *Medical Education*, 38(12), 1217-1218. <https://eprints.gla.ac.uk/59552/1/59552.pdf>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396-403. https://www.researchgate.net/publication/276394797_Likert_Scale_Explored_and_Explained
- Kaufmann, A., & Gil, J. (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Barcelona: Editorial Milladoiro.
- Khan, H., & Upadhyaya, S. (2020). Does business confidence matter for investment?. *Empirical Economics*, 59(4), 1633-1665. <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01694-5>
- Kleynhans, E., & Coetzee, C. (2021). Regional Business Confidence as Early Indicator of Regional Economic Growth. *Managing Global Transitions: International Research Journal*, 19(1), 27-48. <https://www.hippocampus.si/ISSN/1854-6935/19.27-48.pdf>
- Lalla, M., Facchinetti, G., & y Mastroleo, G. (2005). Ordinal scales and fuzzy set systems to measure agreement: an application to the evaluation of teaching activity. *Quality and Quantity*, 38(5), 577-601. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11135-005-8103-6>

- Li, Q. (2013). A novel Likert scale based on fuzzy sets theory. *Expert Systems with Applications*, 40(5), 1609-1618. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.09.015>
- Los, V., & Ocheretin, D. (2019). Construction of business confidence index based on a system of economic indicators. *SHS Web of Conference*, 65, 1-6. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196506003>
- Phélan, M. (2011). Revisión de índices e indicadores de desarrollo: aportes para la medición del buen vivir (sumak kawsay). *Obets: Revista de Ciencias Sociales*, 6(1), 69-95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3796300>
- Mamdani, E.H. (1977). Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *IEEE Computer Architecture Letters*, 26(12), 1182-1191. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1674779>
- Martinez, N., Gómez, D., & Montero, J. (1-3 de febrero del 2012). *Impacto de las etiquetas en la interpretación de la escala de Likert* [Sesión de conferencia]. XVI Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy, Valladolid, España, <http://estylf2012.eii.uva.es/ActasESTYLF2012.pdf>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Mazurek, J., Pérez, C., Fernández, C., Magnot, J.P., & Magnot, T. (2021). The 5-item Likert Scale and percentage scale correspondence with implications for the use of models with (fuzzy) linguistic variables. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y Empresa*, 31, 3-16. <https://dx.doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconomia.4010>
- Medina, S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *Cuadernos de Administración*, 19(32), 195-223. <https://www.redalyc.org/pdf/205/20503209.pdf>
- Medina, S., & Paniagua, G. (2008). Modelo de inferencia difuso para estudio de crédito. *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 75(154), 215-229. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7550614>
- Mendoza, L.A. (2009). Sistema de lógica difusa. Una aplicación a la percepción empresarial. *Revista Universidad y Empresa*, 11(17), 252-270. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/1092/990>
- Nezinský, E., & Baláz, V. (2016). Are the Confidence Indicators Meaningful for Forecasting Real Economy? 1: Testing Power of Confidence Indicators for Industry Output, Prices and Employment in the Visegrád Group Countries. *Ekonomicky casopis*, 64(10), 923-936. <https://www.proquest.com/docview/1864074613?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Santero, T., & Westerlund, N. Organisation for Economic Co-operation and Development (1996). *Confidence Indicators and Their Relationship to Changes in Economic Activity. OECD Economics Department Working Papers*, No. 170, OECD Publishing, Paris. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/paper/537052766455?crawler=true>
- Siegrist, M., Gutscher, H., & Earle, T.C. (2005). Perception of risk: the influence of general trust, and general confidence. *Journal of Risk Research*, 8(2), 145-156. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1366987032000105315>

- Soto, A.M., & Medina, S. (2004). Desarrollo de un sistema de inferencia difuso para la evaluación de crédito por parte de una empresa prestadora de servicios. *Dyna*, 71(143), 25-36. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49614303.pdf>
- Stevens, S.S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science AAAS*, 103(2684), 677-680. https://psychology.okstate.edu/faculty/jgrice/psyc3120/Stevens_FourScales_1946.pdf
- Vonglao, P. (2017). Application of fuzzy logic to improve the Likert scale to measure latent variables. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 38(3), 337-344. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.01.002>
- Willits, F. K., Theodori, G. L., & Luloff, A. E. (2016). Another look at Likert scales. *Journal of Rural Social Sciences*, 31(3), 126-139. <https://egrove.olemiss.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1073&context=jrssh>
- Wu, H., & Leung, S. O. (2017). Can Likert scales be treated as interval scales? A Simulation study. *Journal of Social Service Research*, 43(4), 527-532. <https://doi.org/10.1080/01488376.2017.1329775>
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information sciences*, 8(3), 199-249. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)



El impacto del deterioro medioambiental del Mar Menor en los precios de Airbnb

FERNÁNDEZ FERRERO, MARÍA DEL MAR

Universidad Politécnica de Cartagena (España)

Correo electrónico: mariadelmar.fernandez@edu.upct.es

TERUEL GUTIÉRREZ, RICARDO

Universidad Politécnica de Cartagena (España)

Correo electrónico: ricardo.teruel@edu.upct.es

MATÉ SÁNCHEZ-VAL, MARILUZ

Universidad Politécnica de Cartagena (España)

Correo electrónico: mluz.mate@upct.es

RESUMEN

En 2008, la empresa Airbnb inició su actividad convirtiéndose en la empresa de oferta de alojamientos más representativa de economía colaborativa con más de 6.500.000 alojamientos en todo el mundo. Si bien se han realizado aplicaciones de modelos hedónicos sobre el mercado de alojamientos turísticos de este tipo de plataformas, la literatura sobre cómo afectan los factores relacionados con la contaminación medioambiental en este contexto es escasa. Los problemas de contaminación del agua marina preocupan a un gran número de ciudadanos de la zona turística del Mar Menor (región de Murcia). Gracias a los avances en bases de datos micro-territoriales de carácter abierto (como los datos obtenidos por el Satélite Sentinel 3 de la Agencia Espacial Europea) podemos mejorar la precisión de los modelos hedónicos y determinar cuál es el impacto económico de la contaminación del agua marina en el precio de las ofertas de Airbnb localizadas en las zonas costeras. Este es el objetivo del presente estudio. Los resultados muestran un impacto significativo de niveles elevados de contaminación marina reduciendo los precios de los alojamientos Airbnb de la zona del Mar Menor. Por tanto, los gerentes de los servicios turísticos de esta zona tienen incentivos para adoptar medidas estratégicas con el fin de mejorar la situación medioambiental de la laguna.

Palabras clave: modelos hedónicos; Airbnb; contaminación marina; bases de datos abiertas.

Clasificación JEL: C2, D16, L83.

MSC2010: 62-07, 62H25, 62J05.

Artículo recibido el 16 de septiembre de 2021 y aceptado el 17 de marzo de 2022.

The environmental degradation impact in Mar Menor on Airbnb prices

ABSTRACT

In 2008, the company Airbnb started its activity becoming the most representative tourism accommodation company from the sharing economy. Nowadays, it has more than 6.500.000 registered listings around the world. Previous literature examines hedonic models where Airbnb's prices are explained in function of accommodation characteristics. In this context, studies about the environmental degradation effects on Airbnb listing prices are practically nonexistent. Citizens are concerned about the marine pollution problems in the tourist area of Mar Menor (Murcia). The advances in micro-territorial open databases (as the information from the Sentinel 3 satellite provided by the European Spatial Agency) allow improving the hedonic models accuracy and determining the economic impact of marine water pollution on Airbnb prices located in this coastal area. This is the objective of our study. The results show a significant impact of high levels of marine water pollution in Mar Menor reducing Airbnb listing prices in this zone. Therefore, managers in the tourism sector have incentives to adopt measures to reduce marine pollution in order to reduce the environmental degradation in this lagoon.

Keywords: hedonic models; Airbnb listings; marine pollution; open databases.

JEL classification: C2, D16, L83.

MSC2010: 62-07, 62H25, 62J05.



1. Introducción

En los últimos años, se ha agravado el proceso de anoxia en el Mar Menor como consecuencia de los altos niveles de contaminación acumulados. A pesar de la gran repercusión mediática de este proceso, la puesta en marcha de iniciativas para solucionar esta situación es lenta debido a diferentes incentivos y a la dificultad de coordinación de todos los agentes que puedan estar involucrados. La alta contaminación del Mar Menor está teniendo efectos negativos tanto para los habitantes de la comarca como para el sector turístico. En este caso de estudio centramos el foco sobre los precios de los alojamientos turísticos procedentes de la economía colaborativa, particularmente en la empresa Airbnb. Esta empresa actúa de intermediario de alojamientos entre usuarios y propietarios de arrendamientos de corto plazo a un coste que tiende a ser más bajo que el ofrecido por el sector hotelero tradicional. Airbnb surgió en 2008 y desde entonces su ritmo de crecimiento ha sido exponencial, operando en más de 220 países y acumulando siete millones de alojamientos en todo el mundo (Airbnb, 2020). Dada la alta competencia de alojamientos publicitados en Airbnb, los anfitriones de las ofertas buscan diferenciarse a través de ofertas exclusivas ligadas muchas veces a experiencias relacionadas con las características del entorno cercano a la oferta. Cualquier característica diferenciadora puede resultar beneficiosa para mejorar el posicionamiento de la oferta en la plataforma Airbnb. En particular, la literatura previa ha destacado el papel que juega las características de la localización de la oferta Airbnb tanto en su precio como en su demanda (Gutiérrez et al., 2017). De este modo, los alojamientos próximos a las zonas de costa y con carácter estacional se asocian con una mayor demanda y precios más elevados (Chica et al., 2020).

Esta relación positiva (precio-proximidad a zona costera) podría no cumplirse en casos particulares donde existan otros factores externos que limiten la demanda de alojamientos Airbnb. Los factores medioambientales podrían influir en la demanda Airbnb a pesar de las características generales de los entornos de estos alojamientos. En este estudio, a diferencia de estudios anteriores, examinamos el efecto de las condiciones medioambientales en los precios Airbnb. El efecto medioambiental en el sector turístico es una cuestión abierta de la que existen un número reducido de investigaciones (Villeneuve & O'Brien, 2019; Eusebio et al., 2020). El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de la contaminación medioambiental en los precios Airbnb. Para ello, presentamos una aplicación empírica en el caso particular de la laguna del Mar Menor, localizada en la Región de Murcia, cuyo deterioro ambiental de los últimos años ha podido afectar al precio de los alojamientos turísticos. La importancia turística de este territorio, así como el importante deterioro medioambiental de esta zona justifica la relevancia del presente estudio. Con el fin de abordar el objetivo de análisis se construye una muestra de alojamientos Airbnb en la zona del Mar Menor con datos de oferta para cada uno de los años del periodo 2015-2019. Esta información se obtiene a partir de la base de datos AirDNA. Además, se añade información de bases de datos externas, como los obtenidos del satélite Sentinel-3 ofrecida por la Agencia Espacial Europea (ESA, 2021) y a partir de los que se realiza un proceso de filtrado y transformación de imagen que genera información geo-referenciada sobre la calidad medioambiental del Mar Menor en cada año del periodo analizado. A partir de estos datos, se desarrolla un primer análisis exploratorio espacial donde el efecto de interacción espacial precios-contaminación es considerado. En una segunda etapa del estudio se desarrolla un análisis de regresión sobre la base de un modelo hedónico de precios en Airbnb en cada uno de los años del periodo examinado. Los resultados corroboran el efecto significativo del factor medioambiental en los precios Airbnb. Este trabajo es una contribución a los estudios desarrollados que determinan los factores explicativos de los precios de la oferta de apartamentos turísticos. A diferencia de estudios anteriores, en éste se incluye la contaminación marina como factor adicional en la determinación de los precios.

El presente trabajo se estructura como sigue. En la siguiente sección se presenta el territorio geográfico donde se realiza este análisis. La sección 3 presenta el marco teórico de referencia. La siguiente sección muestra la base de datos y variables planteadas en este análisis. Finalmente, se presentan los resultados y las principales conclusiones.

2. El área del Mar Menor

El Mar Menor se encuentra ubicado en el sureste peninsular, dentro del territorio de la de la Región de Murcia (Figura 1). Es una formación tipo laguna salada, limítrofe por el norte con la Comunidad Valenciana y por el sur con Cabo de Palos. Tiene 135 Km², separada del Mar Mediterráneo por La Manga del Mar Menor, esta última de 22 Km de longitud y una anchura media de 500 metros, siendo su profundidad máxima de siete metros con apertura al Mar Mediterráneo (Martínez-Graña et al., 2018). Estas características la hacen la laguna salada más grande de Europa.

Figura 1. Territorio del Mar Menor.

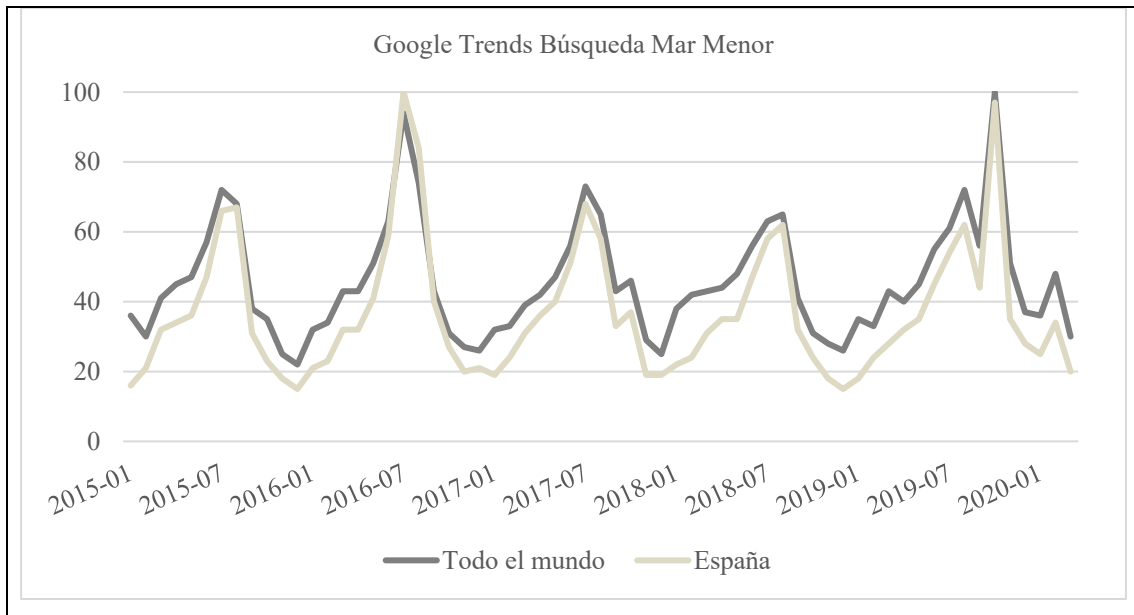


Fuente: GoogleMaps.

Dadas sus características particulares, la comarca del Mar Menor es un lugar que tradicionalmente ha presentado un alto interés turístico tanto interno, de carácter local, como externo (Murciaturística, 2020). La relevancia de esta zona se puede observar en las búsquedas mostradas por la plataforma Google Trends sobre el Mar Menor (Figura 2).

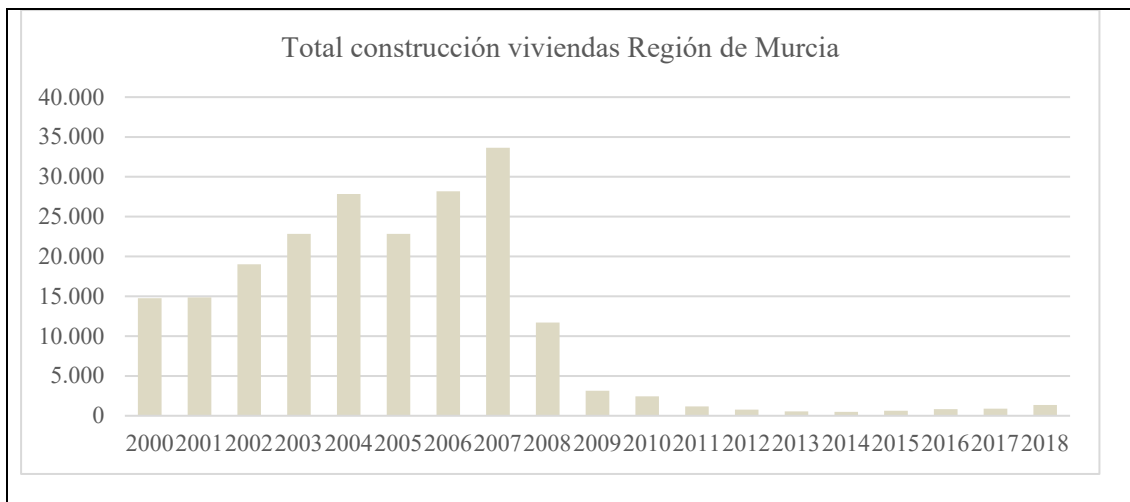
Esto ha dado lugar a un proceso de explotación urbanística de la zona muy intenso sobre todo antes de la crisis financiera de 2008. En este sentido, los datos sobre construcción de viviendas del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA, 2020) indican que desde el año 2000 al 2007, en la delimitación geográfica analizada, hubo un aumento de construcción de viviendas, llegando a duplicarse el número de viviendas de nueva construcción en esta zona (Figura 3).

Figura 2. Búsquedas sobre el Mar Menor en Google Trends.



Fuente: Google Trends (2021).

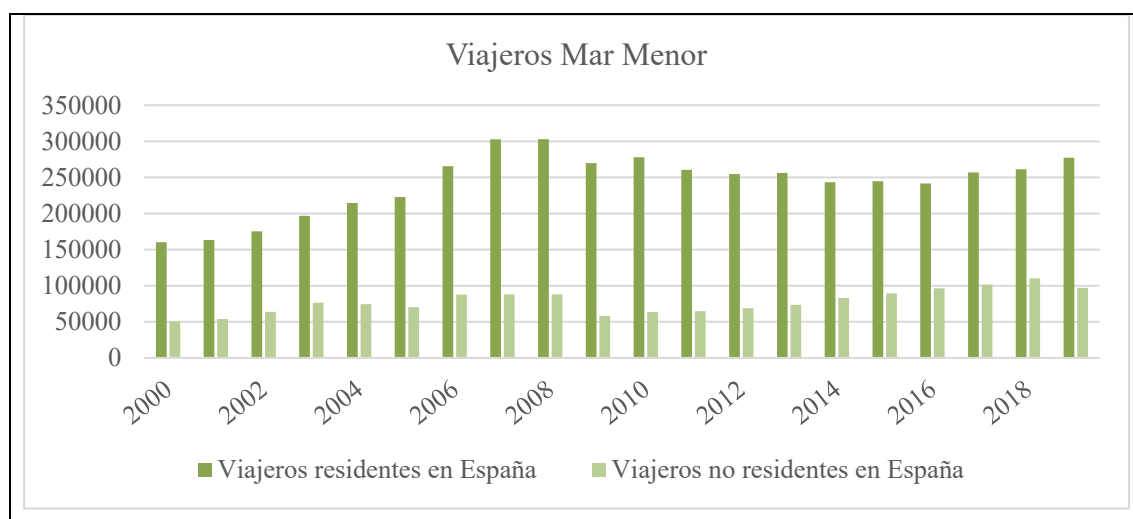
Figura 3. Evolución construcción viviendas Región de Murcia.



Fuente: MITMA (2020).

La sobreexplotación urbanística de los años previos transformó la estructura del entorno natural, con la consecuente contaminación por el consumo de recursos fósiles, agua y energía (Kochendoerfer et al., 2014). Además, el aumento de la oferta urbanística ha causado un aumento en el número de turistas. Considerando el periodo 2000-2019, observamos que los datos de viajeros en esta región presentan una tasa de crecimiento anual acumulada de un 2,91% (Murciaturística, 2020) (Figura 4).

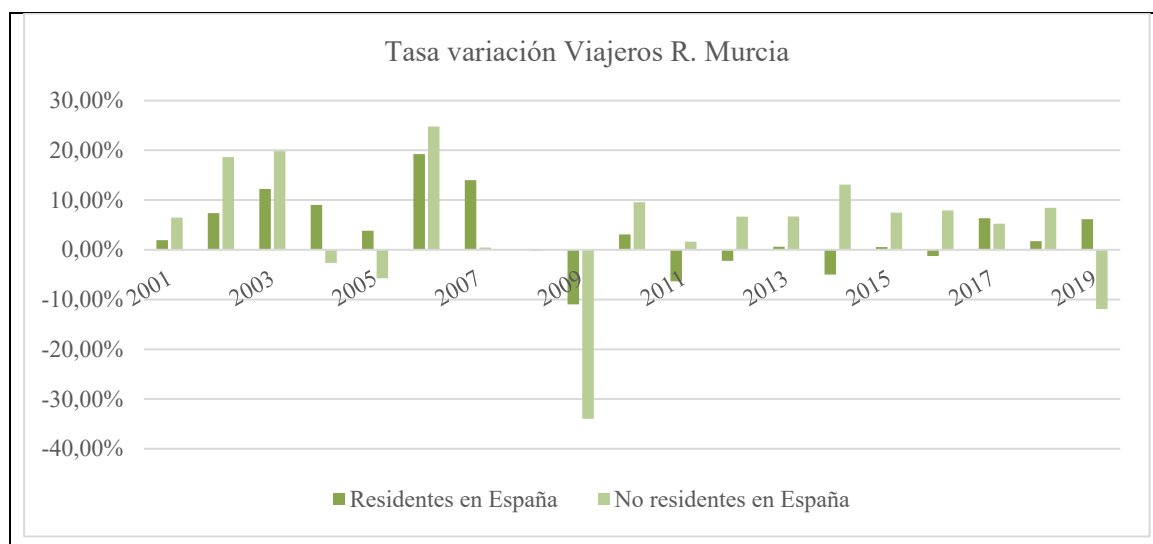
Figura 4. Evolución viajeros Mar Menor.



Fuente: Murciaturística (2020).

Así, se aprecia la tendencia creciente desde el año 2000 hasta el año 2007 pasando a decreciente a partir de ese año (Figura 5). El aumento de visitantes no residentes es mayor que la variación en el número de residentes en casi todos los años. Esta tasa de variación es menor en los últimos años independientemente del tipo de turista. La tasa de crecimiento durante el periodo 2015-2019 es positiva, aunque en los últimos años hay una tendencia decreciente.

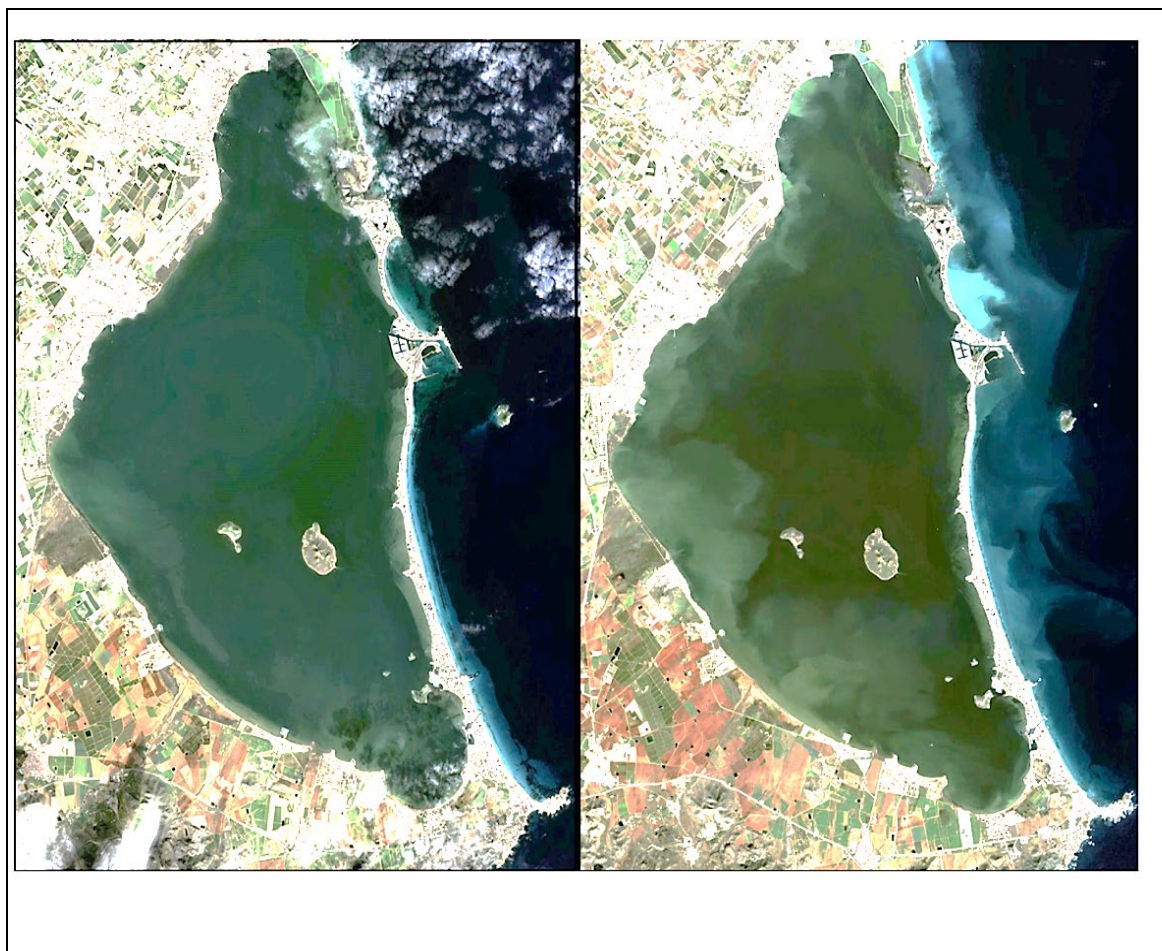
Figura 5. Tasa variación viajeros Mar Menor.



Fuente: Murciaturística (2020).

Estos datos pueden ser indicativos del efecto derivado del alto volumen de viviendas en esta zona que ha atraído un número elevado de turistas, lo que algunos autores han señalado como uno de los factores que ha aumentado la tasa de contaminación haciendo que la cantidad de residuos sea muy elevada en los últimos años. Para observar cómo ha evolucionado el estado del Mar Menor, utilizaremos los datos del satélite Senitel-2. La Figura 6 muestra las imágenes obtenidas con el software SNAP, de la Agencia Espacial Europea (ESA, 2021) donde podemos intuir, por la coloración del Mar Menor, unos niveles altos en la concentración de clorofila (indicativo de contaminación). Además, se observa que esta situación empeora entre el año 2015 (izquierda) y 2020 (derecha).

Figura 6. Concentración clorofila Mar Menor 2015 (izquierda) y 2020 (derecha).

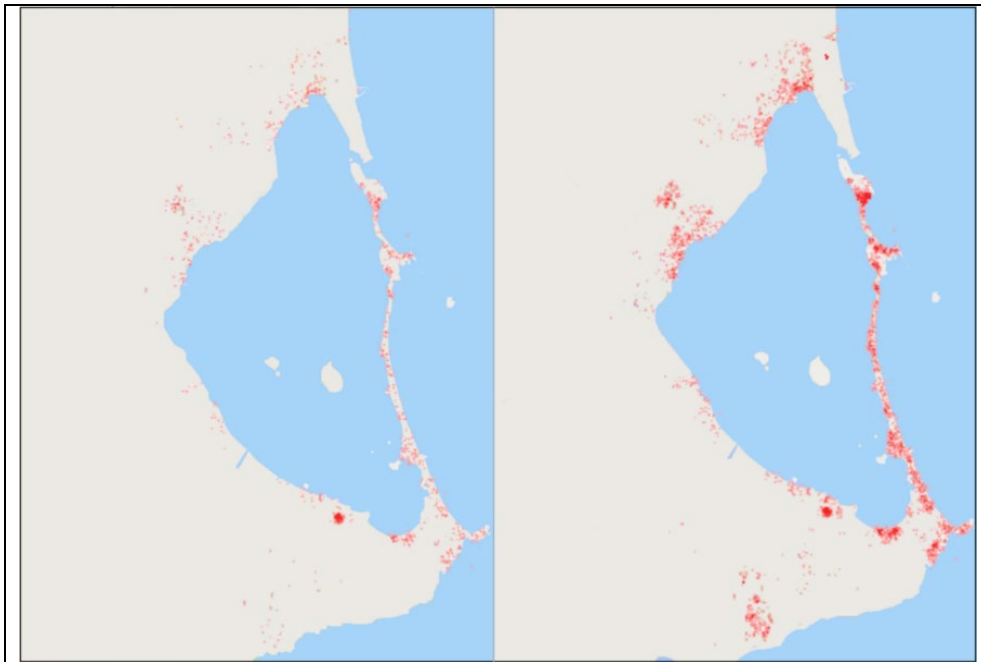


Fuente: Satelite Senitel-3 (ESA,2020).

A pesar de la situación medioambiental, el número de alojamientos Airbnb durante los últimos años ha aumentado en el Mar Menor, al igual que ha ocurrido en otros territorios desplazando la oferta de alojamientos tradicionales (Zervas et al., 2017). La Figura 7 muestra en rojo punteado la distribución territorial de alojamientos Airbnb donde se observa la creciente evolución de las ofertas Airbnb correspondientes a la zona del Mar Menor, llegando a una tasa de crecimiento en 2017 de casi un 250%.

Los datos analizados apuntan que, en los últimos años, el Mar Menor se ha transformado urbanísticamente, ampliando la disponibilidad de segundas viviendas y, por lo tanto, se ha aumentado el abanico de oferta Airbnb, lo que ha atraído gran número de turistas tanto de España como del resto del mundo. No obstante, a pesar de que inicialmente el modelo de explotación turística parecía ir acompañado de un aumento en la demanda, en los últimos años esta tendencia no ha continuado, con una disminución significativa del número de visitantes sobre todo no residentes. Este efecto puede venir motivado por el estado medioambiental del Mar Menor, situación que se ha hecho eco tanto en noticias nacionales como internacionales, llegando a ser un tema abordado por organismos internacionales como la Comisión Europea o la fundación Greenpeace.

Figura 7. Ofertas Airbnb 2016 (izqda.) y Ofertas Airbnb 2019 (dcha.).



Fuente: AirDNA 2016 y 2019.

3. Los efectos del entorno en los precios de Airbnb

Existe una variedad de estudios que señalan el efecto significativo de las características de la localización de los hoteles tradicionales en su precio (Wang & Nicolau, 2017; Mandić & Petrić 2020). Sin embargo, la literatura que estudia el impacto de la localización de los alojamientos de Airbnb en su precio es muy reducida. En este sentido, Wang y Nicolau (2017) encuentran un efecto significativo de la distancia a centros turísticos y centro ciudad en los precios Airbnb. Van der Borg et al. (2017) determinan que la proximidad a centros turísticos, así como lagos y montañas, atraen a turistas y ello repercute aumentando el grado de ocupación de los alojamientos. Benítez-Aurioles (2021) realiza un estudio en la misma línea de investigación, pero teniendo en cuenta la estacionalidad del sector turístico. Pérez-Sánchez et al. (2018) consideran variables relacionadas con las características de la localización de los alojamientos Airbnb en distintas regiones españolas del Arco Mediterráneo. Sus resultados muestran que la proximidad a centros de interés turístico y a zonas de costa tiene un efecto positivo sobre los precios de estos alojamientos. Tong y Gunter (2020) analizan el efecto de la distancia respecto al centro de la ciudad en los precios de alojamientos Airbnb determinando que el precio es menor, cuanto más alejado está del centro de la ciudad. Ren et al. (2021) muestran en su investigación cómo las variables del entorno cercano y las opiniones de los clientes influyen directamente en el precio de las ofertas en el sector del alojamiento.

Zhang et al. (2017) evalúan otros factores relacionados con las características de la localización como son la distancia geográfica a accesos de transporte, autopistas y centros de convenciones, siendo significativa solo la segunda de estas variables. Deboosere et al. (2019) determinan que los alojamientos Airbnb cercanos a los transportes públicos que facilitan el viaje al centro de la ciudad tienen precios más altos. Además de la distancia desde alojamientos Airbnb a centros de interés externos, otras investigaciones caracterizan elementos del entorno a través del análisis de autocorrelación espacial en los precios Airbnb (Gutiérrez et al., 2017; López et al., 2019; Deboosere et al., 2019; Chica et al., 2020). Gyódi y Nawaro (2021) estudian los efectos de algunos factores espaciales en los precios de Airbnb en Europa, centrados en los puntos cercanos a las ofertas. Estos estudios concluyen sobre la existencia de efectos de autocorrelación espacial positivo de donde se deduce que los precios de las ofertas Airbnb

no tienden a distribuirse de forma aleatoria en los territorios examinados, sino que tienden a la concentración de alojamientos Airbnb con precios elevados (bajos).

¿Entre estos factores externos jugaría un papel relevante el factor medioambiental?

Los estudios que examinan el efecto de factores medioambientales en la demanda turística son prácticamente inexistentes. No obstante, la mayoría de ellos encuentran un resultado significativo de las distintas fuentes de contaminación en el sector turístico. Así, Zhang et al. (2017) muestran que el efecto de la neblina en el aire afecta no solo a largo plazo en el número de turistas, sino que, además, aquellos que deciden viajar a lugares con contaminación atmosférica, su experiencia y expectativas no se verá totalmente satisfecha. Eusebio et al. (2020) concluyen sobre un efecto significativo de la contaminación del aire disminuyendo el número de visitas de turistas al lugar. Por otro lado, otros estudios han examinado el efecto de la contaminación, desde una perspectiva más amplia, en la demanda de alojamientos Airbnb. De este modo, Villeneuve y O'Brien (2020) estudian las reseñas de Airbnb sobre las quejas acústicas, visual y térmicas aumentando estas últimas en verano y disminuyendo la demanda en tales alojamientos.

4. Base de datos y variables

4.1. Base de datos

La muestra de alojamientos Airbnb, se ha obtenido de la base suministrada por la empresa AirDNA (AirDNA, 2020) siendo un proveedor de datos de alojamientos. Esta base de datos incluye información de la localización de los alojamientos Airbnb, así como sus características generales respecto a precios, ingresos medios, meses ofertados e identificadores del oferente, entre otras variables. Estos datos están delimitados geográficamente para el Mar Menor. De esta base, obtenemos en el año 2017 un total de 1.995 observaciones, 2.653 alojamientos Airbnb en el año 2018 y en el año 2019 se dispone de 3.148 observaciones de oferta de alojamientos Airbnb. Dada la naturaleza de este tipo de ofertas, para eliminar el posible efecto derivado de la estacionalidad se han seleccionado exclusivamente las ofertas de los meses de julio y agosto de cada año.

Además, utilizamos la base de datos de acceso abierto de la Agencia Espacial Europea como parte del Programa Copernicus. En particular, utilizaremos la información del satélite Sentinel-3 a través de su herramienta OLCI (*Ocean and Land Instrument*) que dispone 21 bandas espectrales de irradiancia, con las que podemos obtener los niveles de clorofila en cada punto geográfico del Mar Menor. Este proceso se ha completado usando el software SNAP, creando un conjunto de datos georreferenciados. Por otro lado, obtuvimos información de la web de TripAdvisor a través de un proceso de web scraping delimitando las coordenadas geográficas de los restaurantes localizados en el litoral del Mar Menor. Finalmente, como vimos anteriormente, de la base de datos SABI obtuvimos información para un total de 36 hoteles en la zona del Mar Menor que pudieron ser georreferenciados.

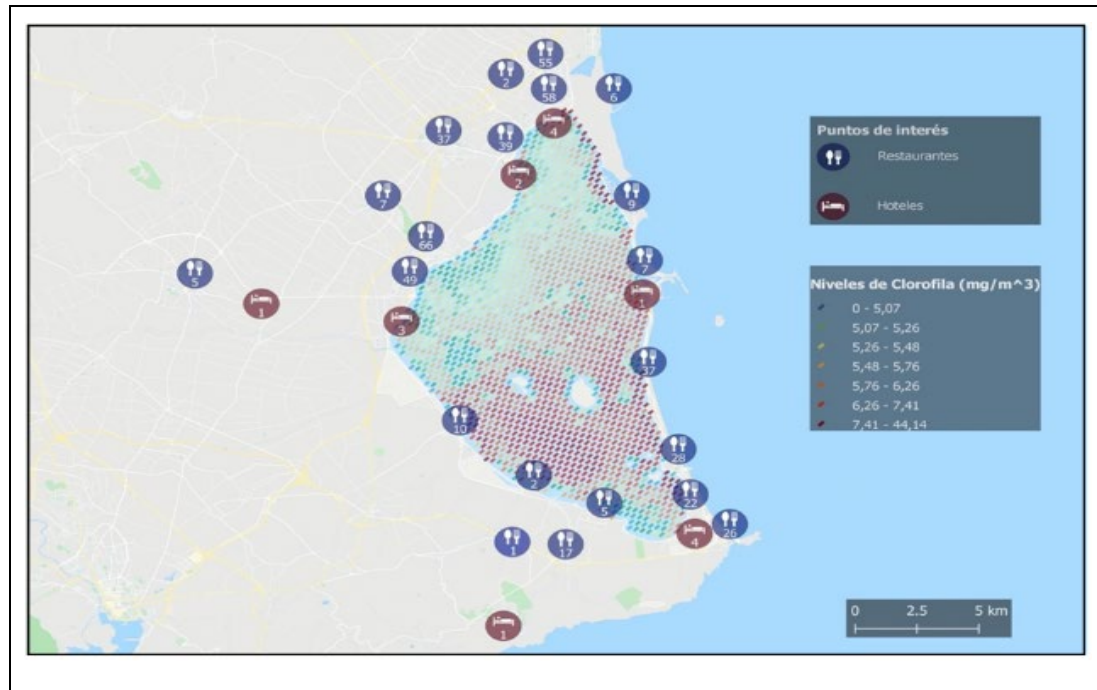
4.2. Variables

Variables externas

Contaminación del Mar Menor. La información recogida por el satélite Sentinel-3 nos permite procesar estos datos y construir una variable representativa de los niveles de clorofila en el agua marina. Para ello, se aplican los algoritmos desarrollados por la Agencia Espacial Europea (ESA, 2021), generando información de la concentración de clorofila (mg/m^3) del Mar Menor (Figura 8). Esta información ayudará a evaluar la contaminación para cada uno de los puntos coordenados del Mar Menor. Basada en esta información, construimos la variable Contaminación (*Cont*) que asigna a cada alojamiento Airbnb de la muestra el valor de la contaminación del área del Mar Menor más cercana. De esta variable se espera una relación negativa, es decir, la contaminación elevada del agua puede dar

lugar a una menor demanda de alojamientos, por lo que podría afectar reduciendo el precio del alojamiento Airbnb (Eusebio et al., 2020).

Figura 8. Densidad de clorofila y puntos de interés.



Fuente: AirDNA y TripAdvisor (2019).

Variables representativas de puntos de interés externos. Basado en estudios anteriores, se añaden al modelo distintas variables que caracterizan el entorno del alojamiento Airbnb en función de proximidades geográficas a distintos puntos de interés externos. Así, la variable distancia a restaurantes (*DRest*), construida como la distancia euclídea desde cada alojamiento Airbnb al restaurante más cercano (Figura 8). En este caso, se espera obtener una relación negativa, ya que en estudios anteriores determinan que la proximidad a centros de ocio repercute en el precio del alojamiento, es decir, si el alojamiento se encuentra más cerca, el precio es mayor (Wang & Nicolau, 2017).

Además, se incluye la variable distancia a hotel tradicional (*DHotel*) como la distancia desde cada uno de los alojamientos Airbnb al hotel tradicional más cercano (Figura 8). Esta variable puede tener un efecto significativo en el precio Airbnb por el efecto derivado de la competencia entre alojamientos cercanos (Chen & Rothschild, 2010).

Variables internas

AirDNA proporciona un extenso conjunto de características particulares de los alojamientos Airbnb. Siguiendo la literatura previa se ha seleccionado las características claves para la determinación del precio de las ofertas de Airbnb (Tabla 1).

A partir de esta información y de los resultados de un análisis de componentes principales seleccionamos las variables internas de la Tabla 1 que eran relevantes para nuestro análisis. En particular, eliminamos variables agrupadas en la misma categoría del análisis factorial y que presentaron valores de correlación altos con el resto de indicadores.

Tabla 1. Características alojamiento Airbnb proporcionado por AirDNA.

Nombre	Descripción	Nombre	Descripción
NHab	Número de habitaciones del alojamiento.	Disponible	Días disponible, pero sin reserva.
R.Ocu	Días reserva/total días con reserva y disponible.	Bloqueado	Días bloqueados para no poder hacer una reserva.
Opiniones	Número de opiniones sobre el alojamiento.	Baños	Número de baños.
NReservas	Número de días que ha sido rentado el alojamiento.	MaxHuésped	Número de huéspedes máximos que pueden alojarse.
RRes	Ratio de respuesta del propietario.	TRes	Tiempo de respuesta del propietario.
Fianza	Cantidad de dinero que debe abonar el huésped, para asegurar el perfecto estado del alojamiento a su marcha.	Limpieza	Tarifa de limpieza.
HuéspedExtra	Tarifa de personas adicionales.	PrecioDeter	Precio determinado en el caso que el propietario no determine precio para cada fecha.
MinNoches	Noches mínimas requeridas por el anfitrión.	R.Gral	Media de todas las calificaciones del alojamiento.
CalComunicación	Calificación sobre la comunicación con el propietario.	CalLimpieza	Calificación de limpieza del alojamiento.
CalRegistro	Calificación sobre el registro al entrar en el alojamiento.	CalLocalización	Calificación sobre la localización del alojamiento.
CalPrecisión	Calificación de precisión sobre la información del alojamiento disponible.	NFotos	Numero de fotos publicadas del alojamiento.
ReservaSin	Reserva sin consentimiento previo del propietario del alojamiento. Variable binaria Sí(1) si dispone y No (2) en caso contrario.	Cocina	Disponibilidad de cocina en el alojamiento. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.
Internet	Disponibilidad de internet en el alojamiento. Variable binaria Sí(1) si dispone y No (2) en caso contrario.	ParkinGratis	Disponibilidad de aparcamiento gratis. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.
ParkinPago	Disponibilidad de aparcamiento de pago. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.	AparCalle	Estacionamiento en la calle. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.
Desayuno	Desayuno incluido. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (0) en caso contrario.	AccMinus	Acceso de minusválidos. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.
Ascensor	Disponibilidad de ascensor. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.	Piscina	Disponibilidad piscina. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.
Gym	Disponibilidad de gimnasio. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.	24H	Disponibilidad de 24 horas para el registro de entrada. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.
Lon	Longitud del alojamiento.	Lat	Latitud del alojamiento.
Localidad	Localidad en la cual está ubicado el alojamiento.	T. Propiedad	Tipo de propiedad.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos, así como las variables internas seleccionadas para nuestro estudio. Estas variables coinciden con las utilizadas en estudios previos (Gutiérrez et al., 2017; López et al., 2019; Deboosere et al., 2019; Chica-Olmo et al., 2020).

Tabla 2. Análisis descriptivo de las variables de estudio (Valor medio 2017-2019).

Variable	Descripción	Media	Mediana	D.T	Min	Max
Variable Explicada						
Precio_USD	Tarifa por noche en dólares (Estados Unidos).	124,5900	107,5600	88,4009	21	1161
Variables Explicativas						
Variables geográficas						
DRest	Distancia mínima al restaurante más cercano al alojamiento Airbnb.	0,5146	0,3723	0,5120	0,0014	4,1805
DHotel	Distancia mínima al hotel más cercano al alojamiento Airbnb.	2,0162	1,5726	1,7767	0,0122	9,7954
Cont	Densidad de clorofila más cercano al alojamiento Airbnb.	7,8216	5,2052	7,9290	0,2087	44,1427
Manga	1 si el alojamiento está situado en la Manga del Mar Menor y 0 en otro caso	0,4940	0,4766	0,5001	0	1
Variables estructurales						
NHab	Número de habitaciones del alojamiento.	2,2180	2	0,8990	1	8
Variables control						
R.Ocu	Días reserva/total días con reserva y disponible.	0,3711	0,2580	0,3918	0	1
Opiniones y valoraciones						
NFotos	Numero de fotos publicadas del alojamiento.	19,1500	17	10,9375	1	81
Reglas del alojamiento						
Fianza	Cantidad de dinero que debe abonar el huésped, para asegurar el perfecto estado del alojamiento a su marcha.	255,9000	227	157,4896	79	1366
MinNoches	Noches mínimas requeridas por el anfitrión.	4,078	3	4,2417	1	60
Comodidades y Servicios						
Aparnorivado	Estacionamiento en la calle, (la oferta no tiene aparcamiento privado ni garaje comunitario). Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.	0,3366	0	0,4251	0	1
Desayuno	Desayuno incluido. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (0) en caso contrario.	0,0642	0	0,2451	0	1
Piscina	Disponibilidad piscina. Variable binaria Sí (1) si dispone y No (2) en caso contrario.	0,6380	1	0,4806	0	1

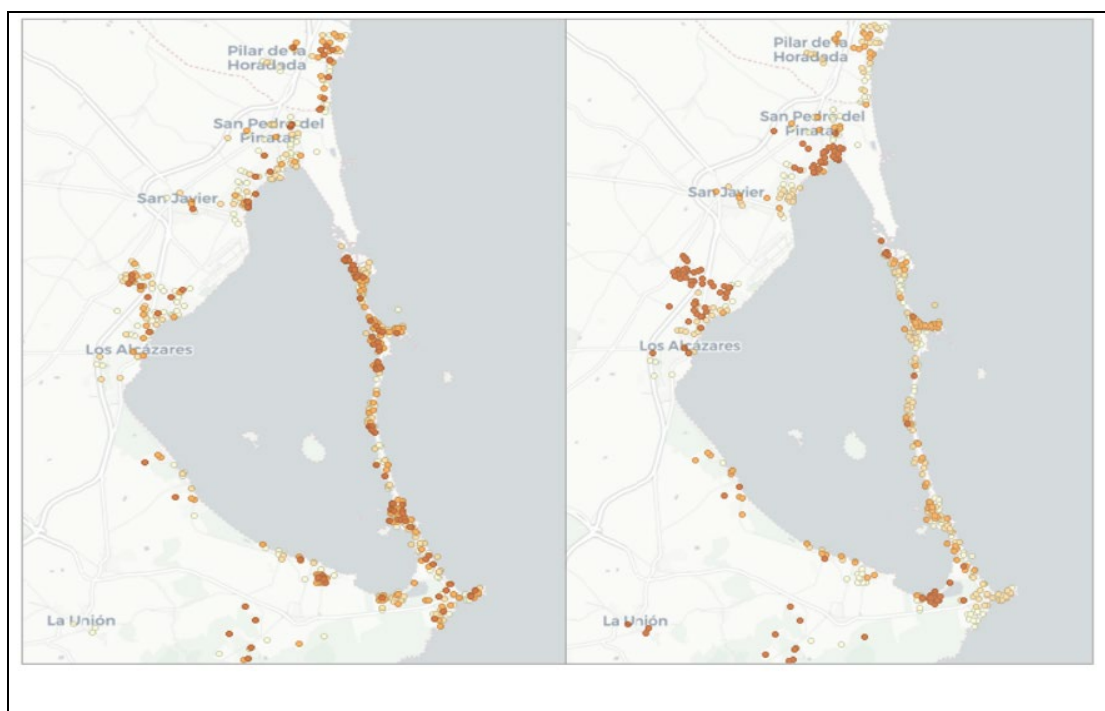
Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados

5.1. Análisis exploratorio espacial de los precios Airbnb

El objetivo de este análisis es contrastar la existencia de autocorrelación espacial, es decir, de zonas de concentración de precios elevados o bajos de alojamientos Airbnb, así como de niveles de contaminación. Además, realizamos un análisis de autocorrelación espacial cruzado con la variable contaminación (Figura 9).

Figura 9. Mapa de cuartiles Mar Menor media 2017-2019. Precio Airbnb media (izquierda), contaminación (derecha).



Fuente: AIRDNA y del satélite Sentinel. Software: GeoDA (2017-2019).

En primer lugar, se analiza la distribución de las dos variables (precios y contaminación) a través de un mapa de cuartiles. La imagen de la izquierda corresponde a la media de cuartiles 2017-2019 del precio Airbnb y en la imagen de la derecha del mismo periodo, a la contaminación. Así, respecto al degradado de colores, los más claros corresponden a los valores más bajos (primer cuartil) y así hasta el color más oscuro que corresponde a los valores más altos (cuarto cuartil).

De esta figura se observa que los niveles más altos de precios Airbnb se localizan en la zona de La Manga del Mar Menor mientras que los valores más bajos se corresponden con la zona de los municipios de Los Alcázares, San Javier y San Pedro del Pinatar. Esta distribución parece ser justo la contraria al analizar la variable contaminación (Cont) donde los valores más altos de contaminación corresponden precisamente a la zona de San Pedro del Pinatar, San Javier y Los Alcázares. A la hora de analizar posibles efectos significativos de concentración de valores de estas variables a nivel geográfico, se aplica el test de I de Moran (Moran, 1948). Un resultado del test de Moran positivo y significativo indica la existencia de autocorrelación espacial positiva en la variable analizada mientras que un test negativo y significativo indica la existencia de autocorrelación espacial negativa. Para determinar el test de I de Moran, una matriz de pesos W que identifique unidades vecinas debe ser definida. Es una matriz cuadrada y simétrica $N \times N$. En este caso, W como una matriz binaria que identifica, con valores iguales a 1, los alojamientos que son considerados como vecinos. El criterio de

vecindad tiene que ser independiente de criterios económicos con el fin de evitar resultados endógenos. Con este propósito y revisando estudios anteriores, se define como vecinos a cada alojamiento Airbnb todos aquellos alojamientos que estén localizados a una distancia menor que una serie de metros definidos a partir del parámetro d . Los elementos de la matriz W , w_{ij} valen uno ($w_{ij} = 1$ con $i \neq j$), si la distancia entre los alojamientos Airbnb i y j es menor que la distancia determinada por el parámetro d y el elemento w_{ij} vale cero en otro caso. La Tabla 3 (segunda columna) muestra los resultados del test de I de Moran global para los precios Airbnb considerando distintos valores del parámetro d .

Tabla 3. Test Global de I de Moran (Media 2017-2019).

Matriz W	Precios Airbnb	Contaminación
Wd ₁ (100 metros)	14,826*** (0,000)	29,174*** (0,000)
Wd ₂ (200 metros)	12,458*** (0,000)	44,424*** (0,000)
Wd ₃ (300 metros)	15,445*** (0,000)	58,304*** (0,000)
Wd ₄ (400 metros)	15,069*** (0,000)	68,404*** (0,000)
Wd ₅ (500 metros)	14,325*** (0,000)	75,694*** (0,000)
Wd ₆ (600 metros)	16,781*** (0,000)	81,097*** (0,000)
Wd ₇ (700 metros)	12,417*** (0,000)	85,500*** (0,000)
Wd ₈ (800 metros)	12,396*** (0,000)	89,799*** (0,000)
Wd ₉ (900 metros)	12,255*** (0,000)	91,421*** (0,000)
Wd ₁₀ (1000 metros)	11,627*** (0,000)	97,920*** (0,000)
(***) significativo al 1%		

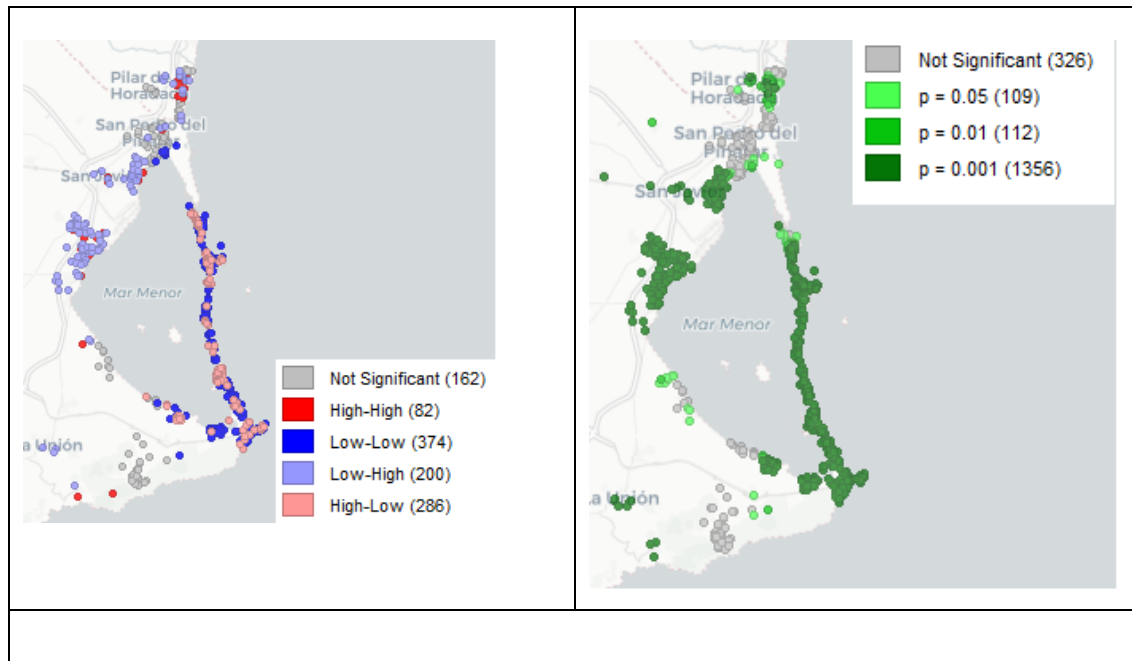
Fuente: Elaboración propia.

La información de la Tabla 3 indica que existe un comportamiento de autocorrelación espacial positivo y significativo para los distintos valores de d en el precio de Airbnb. Además, el test alcanza el valor más elevado con $d = 0,6$ (600 metros). Este análisis confirma la existencia de autocorrelación espacial positiva con zonas de concentración territorial de precios Airbnb más elevados que el resto. La tercera columna de la Tabla 3 muestra estos resultados para la variable Contaminación (*Cont*). En este caso se evidencia un efecto significativo y positivo para la variable contaminación confirmando la existencia de autocorrelación espacial positiva para esta variable.

Finalmente, con objeto de estimar la posible autocorrelación bivariada entre las variables precios y contaminación, cuantificamos el test de I de Moran Local Bivariado utilizando la matriz de contactos Wd₆. Este test permite identificar zonas de significatividad respecto a los niveles de autocorrelación espacial cruzada entre los precios Airbnb y la contaminación, identificando aquellas zonas donde hay

valores altos de precios Airbnb cercanos a valores bajos de contaminación y viceversa. Los resultados gráficos de este análisis se muestran en la siguiente Figura 10.

Figura 10. Significación de la prueba de I de Moran Bivariado Local media 2017-2019 precios Airbnb-contaminación.



Fuente: AirDNA y satélite Sentinel. Software GEODA (2017-2019).

Es observable un patrón de autocorrelación espacial negativo y significativo en zonas de La Manga (precios altos-baja contaminación local), San Javier y Los Alcázares (precios bajos-alta contaminación local).

5.2. Análisis Confirmatorio

Esta sección presenta los resultados de la regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para cada uno de los años del periodo analizado. Una vez detalladas las variables, éstas serán tratadas de manera logarítmica siguiendo la especificación del modelo hedónico. Además, dado el carácter no lineal de las variables geográficas, éstas fueron introducidas considerando su forma cuadrática (Mate-Sánchez-Val et al., 2018). La Tabla 4 presenta el valor de los coeficientes del modelo hedónico de precios estimado por MCO en los años de estudio 2017, 2018 y 2019.

La variable contaminación al cuadrado ($Cont^2$) es significativa y con signo negativo para todos los años. Es decir, a partir de un determinado valor elevado de contaminación el efecto de esta variable en los precios Airbnb se vuelve significativo y negativo. Este resultado era el esperado dada la degradación del estado del agua de la laguna del Mar Menor, contrastando que está afectando a los precios de los alojamientos turísticos. Esta situación ha sido además divulgada a través de medios de comunicación nacional e internacional lo que ha podido contribuir en la reducción de la demanda de alojamientos en esta área y por consiguiente la caída de precios.

Tabla 4. Resultados de los modelos estimados por MCO.

Variabes	2017	2018	2019
Constante	2,5119*** (0,0000)	3,4435*** (0,0000)	2,7279*** (0,0000)
Variabes geográficas			
DRest	-1,9959 (0,7705)	-1,8289** (0,0188)	-1,8972** (0,0304)
DRest²	0,1676 (0,8268)	-0,3456 (0,5200)	-0,3978 (0,6363)
DHotel	1,3568* (0,0877)	1,8798** (0,0543)	2,7678*** (0,0000)
DHotel²	0,5897 (0,4356)	0,7811 (0,3870)	0,8665 (0,3454)
Cont	0,3399 (0,6001)	0,9887* (0,0755)	-0,6112 (0,3556)
Cont²	-2,6788*** (0,0000)	-4,5680*** (0,0000)	-4,7167*** (0,0000)
Manga	0,1258*** (0,0000)	0,1676*** (0,0000)	0,18116*** (0,0000)
Variabes estructurales			
NHab	0,4047*** (0,0000)	0,4959*** (0,0000)	0,5659*** (0,0000)
Variabes control			
R.Ocu	-0,1028*** (0,0013)	-0,0860*** (0,0000)	-0,1031*** (0,0000)
Opiniones y valoraciones			
NFotos	0,1014*** (0,0000)	0,1601*** (0,0000)	0,1221*** (0,0000)
Reglas del alojamiento			
Fianza	0,2218*** (0,0000)	0,1785*** (0,0000)	0,1611*** (0,0000)
MinNoches	-0,0864** (0,0161)	-0,1025*** (0,0000)	-0,0854*** (0,0064)
Comodidades y Servicios			
AparCalle	-0,0665* (0,0769)	-0,0699** (0,0061)	-0,1289*** (0,0001)
Piscina	0,2481*** (0,0000)	0,1760*** (0,0000)	0,1494*** (0,0000)
Desayuno	-0,3638** (0,0041)	-0,1741 (0,1075)	-0,2282 (0,1341)
R2	0,4511	0,4854	0,4578
Error relativo medio	0,1584	0,1425	0,1542
White Test⁽¹⁾	6,933 (0,7891)	5,236 (0,8221)	6,002 (0,7739)

***significativo al 1%. ** significativo al 5%. * significativo al 10%. ⁽¹⁾ p-valor entre paréntesis. ⁽²⁾ El test de White confirma la homocedasticidad del modelo para cada uno de los años del periodo analizado. ⁽³⁾ Los VIF para las distintas variables rechazaron la presencia de multicolinealidad en el modelo. Así, las variables representativas de las características internas de los alojamientos proceden del análisis factorial en el que se seleccionaron variables con bajas correlaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las variables geográficas representativas de puntos de interés externos, se observa que la distancia mínima al restaurante más cercano (*DRest*) tiene signo negativo y significativo. Este resultado coincide con estudios anteriores en esta área que también concluyen que la proximidad geográfica a puntos de interés externos, como restaurantes, determina un mayor precio en la oferta de alojamientos. Así, encontramos estudios que indican que el precio de Airbnb es más elevado en aquellos alojamientos que se encuentran más cerca de zonas de ocio (Wang & Nicolau, 2017) y a centros de convenciones (Deboosere et al., 2019). La variable representativa de distancia al hotel más cercano (*DHotel*) es significativa y presenta un signo positivo. Este resultado indica que aquellos alojamientos que están más cerca del hotel, su precio es menor y conforme aumentan la distancia, también aumenta su precio. Este resultado puede venir explicado por el efecto indirecto de la competencia en la distancia. De este modo, alojamientos Airbnb cercanos a hoteles tradicionales se ven obligados a disminuir sus precios para poder competir en el mercado y atraer a más turistas (Fleischer et al., 2018). Además, según estudios previos la entrada de Airbnb en el mercado disminuye el precio de los hoteles (Zervas et al., 2017). En los dos casos anteriores, *DRest* y *DHotel*, las formas cuadráticas de las variables son no significativas lo que es indicativo de que a partir de una distancia determinada el efecto de la proximidad a estos puntos de interés es no significativo. Por último, determinamos que los alojamientos que se encuentran en la Manga del Mar Menor (Manga) y, por tanto, disponen también de la cercanía al Mar Mediterráneo como alternativa a zona de baño tienden a presentar precios más altos que los situados en el interior de la laguna. Este efecto es de esperar que también disminuya el efecto negativo sobre los precios de la contaminación de la laguna.

En cuanto a las variables internas, la variable *NHab* presenta un signo positivo y significativo, ya que los alojamientos que tienen más dormitorios son más caros (Chica-Olmo et al., 2020). El ratio de ocupación (*R.Ocu*) influye negativamente en el precio, es decir, a mayor tasa de ocupación, menor es el precio del alojamiento, dicha característica puede ser por el deterioro de la vivienda. La variable representativa del número de noches mínimas para poder reservar el alojamiento tiene un impacto negativo y significativo en el precio. Por otro lado, la variable representativa de fianza por los posibles desperfectos ocasionados es significativa y positiva de donde se puede inferir que, debido a la norma del alojamiento, éste se encuentra en perfecto estado y ello hace que el propietario pueda aumentar su precio, otorgando así confianza al huésped del estado de la propiedad.

Por otro lado, las variables representativas de comodidades y servicios en cada alojamiento indican que el alojamiento incluya desayuno no es significativa en los años de estudio para la época estival, mientras que existe una relación negativa y significativa en si el alojamiento dispone de aparcamiento en la calle y no un garaje o aparcamiento privado en la oferta. Por último, la existencia de piscina en el alojamiento es significativa y además tiene relación positiva, aumentando el precio. Este resultado es consistente con nuestra hipótesis inicial, aunque en algunos estudios anteriores dicha variable no era significativa (Teruel-Gutierrez & Mate-Sanchez-Val, 2021).

6. Conclusiones

El presente estudio examina el efecto de la contaminación en los precios de los alojamientos de Airbnb en la zona del Mar Menor. Para ello, se realiza un análisis que incluye además de las variables consideradas anteriormente en la literatura, indicadores de las características del entorno de las ofertas Airbnb, tales como la distancia a restaurantes y a hoteles. De acuerdo con los resultados, la contaminación ejerce un efecto negativo y significativo en los precios Airbnb de forma no lineal. Por tanto, a partir de un valor elevado de contaminación del mar Menor, ésta afecta al precio, disminuyéndolo. Las condiciones medioambientales, en concreto, el estado del agua en la laguna del Mar Menor afecta a la percepción por parte de los turistas de la situación medioambiental y, por consiguiente, al precio de los alojamientos turísticos.

Además, la cercanía a restaurantes y hoteles, influyen en el precio Airbnb, por un lado, aumentándolo si está cerca de restaurantes y, por otro, disminuyéndolo si se encuentra cercano a hoteles

por la competencia en el sector del turismo. Por otro lado, factores internos de alojamientos Airbnb tales como la obligatoriedad de depositar fianzas o el número de fotos publicadas de alojamiento transmiten mayor confianza del usuario en la oferta, lo que afecta positivamente en su precio. Este efecto también es significativo y positivo en aquellos alojamientos que disponen de piscina y que tienen un mayor número de habitaciones. Sin embargo, factores como exigir un mínimo de noches o exista aparcamiento en la calle disminuye el precio de los alojamientos.

Estos resultados son de interés en el proceso de toma de decisiones para controlar la contaminación medioambiental. De este modo, se pone de manifiesto que los altos índices de contaminación en el Mar Menor afectan de forma negativa a la demanda de alojamientos turísticos cercanos. Es fundamental adoptar medidas con el fin de mejorar la situación medioambiental actual de la laguna. Las propuestas de mejora deberían venir motivadas no solo por los vecinos de las zonas afectadas sino también por los gerentes de las empresas del sector turístico que ven cómo sus ingresos beneficios se van reduciendo año tras año.

Este estudio encuentra varias limitaciones que pueden ser consideradas como futuras líneas de estudio. Con respecto a las características de la muestra, ya que al no contar con el mismo número de observaciones para cada año no es posible aplicar metodologías de estimación que permitan una comparación entre coeficientes. La siguiente línea de trabajo de este análisis se desarrollará desde el análisis de paneles no balanceados. Además, la existencia de efectos espaciales de autocorrelación espacial significativos no ha sido en cuenta en el proceso de estimación. Esta limitación será abordada en futuros estudios a través de la aplicación de modelización espacial.

Agradecimientos

Mariluz Maté Sánchez-Val agradece el soporte económico recibido de la Agencia Estatal de Investigación (Proyectos PID2019-107800GB-I00 y TED2021-130692B-I00).

Referencias

Airbnb (2020). *Fast facts*. <https://press.airbnb.com/fast-facts/>

AirDNA (2020). <https://www.airdna.co/>

Benítez-Aurioles, B. (2021). Seasonality in the peer-to-peer market for tourist accommodation: the case of Majorca. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, 5(2), 331-349.

Chen, C.-F., & Rothschild, R. (2010). An Application of Hedonic Pricing Analysis to the Case of Hotel Rooms in Taipei. *Tourism Economics*, 16(3), 685-694. <https://doi.org/10.5367/000000010792278310>

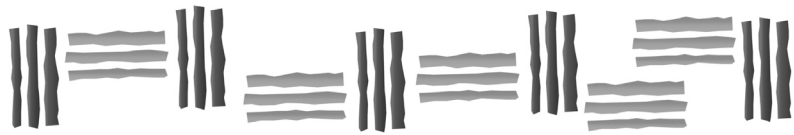
Chica-Olmo, J., González, J.G., & Zafra, J.L. (2019). Determinación de los precios de los apartamentos turísticos AIRBNB en Málaga. Una aproximación espacial. *Estudios de Economía Aplicada*, 37(1), 47-63. <https://doi.org/10.25115/eea.v37i1.2574>

Deboosere, R., Kerrigan, D.J., Wachsmuth, D., & El-Geneidy, A. (2019). Location, location and professionalization: a multilevel hedonic analysis of Airbnb listing prices and revenue. *Regional Studies, Regional Science*, 6(1), 143-156. <https://doi.org/10.1080/21681376.2019.1592699>

ESA, European Spatial Agency (2021). https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinels

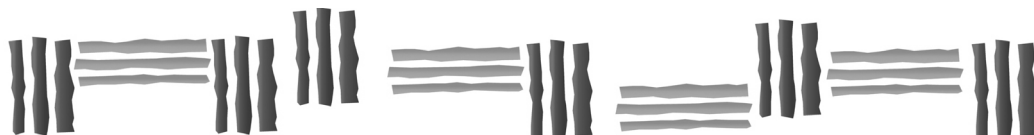
- Eusébio, C., Carneiro, M.J., Madaleno, M., Robaina, M., Rodrigues, V., Russo, M., Relvas, H., Gama, C., Lopes, M., Seixas, V., Borrego, C., & Monteiro, A. (2020). The impact of air quality on tourism: a systematic literature review. *Journal of Tourism Futures*, ahead-of(ahead-of-print), 0. <https://doi.org/10.1108/jtf-06-2019-0049>
- Fleischer, A., Ert, E., & Magen, N. (2016). Trust and reputation in the sharing economy: The role of personal photos in Airbnb. *Tourism Management*, 55, 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.01.013>
- Google Trends (2021). <https://trends.google.es/trends/?geo=ES>
- Gutiérrez, J., García-Palomares, J.C., Romanillos, G., & Salas-Olmedo, M.H. (2017). The eruption of Airbnb in tourist cities: Comparing spatial patterns of hotels and peer-to-peer accommodation in Barcelona. *Tourism Management*, 62, 278-291. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.05.003>
- Gyódi, K., & Nawaro, Ł. (2021). Determinants of Airbnb prices in European cities: A spatial econometrics approach. *Tourism Management*, 86, 104319. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104319>
- Kochendoerfer, B., Enshassi, A., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732014000300002>
- López, F.A., Mínguez, R., & Mur, J. (2019). ML versus IV estimates of spatial SUR models: evidence from the case of Airbnb in Madrid urban area. *The Annals of Regional Science*, 64(2), 313-347. <https://doi.org/10.1007/s00168-019-00914-1>
- Mandić, A., & Petrić, L. (2020). The impacts of location and attributes of protected natural areas on hotel prices: implications for sustainable tourism development. *Environment, Development and Sustainability*, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00611-6>
- Martínez-Graña, A., Gómez, D., Santos-Francés, F., Bardají, T., Goy, J.L., Zazo, C. (2018). Analysis of Flood Risk due to Sea Level Rise in the Menor Sea (Murcia, Spain). *Sustainability*, 10(3), 780. <https://doi.org/10.3390/su10030780>
- Maté-Sánchez-Val, M.L., López, F., & Rodríguez, C. (2018). Geographical factors y business failure, An empirical study from the Madrid metropolitan area. *Economic Modelling*, 74, 275-283. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.05.022>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2020). Certificaciones fin de obra: nº de certificados y nº de edificios según clase de promotor (Región de Murcia) <https://www.mitma.gob.es/>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2020). <https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline2>
- Moran, P.A.P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 10(2), 243-251. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>
- Murciaturistica (2020). *Viajeros y pernoctaciones según destinos en la región de Murcia*. <https://www.murciaturistica.es/>
- Pérez-Sánchez, R., Serrano-Estrada, L., Martí-Ciriquián, P., & Mora-García, R.T. (2018). The What, Where, and Why of Airbnb Price Determinants. *Sustainability*, 10(12), 4596. <https://doi.org/10.3390/su10124596>

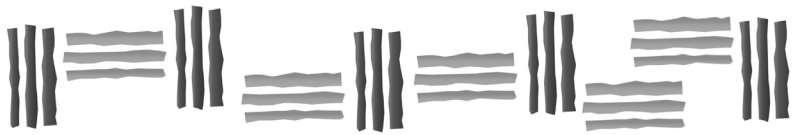
- Ren, J., Raghupathi, V., & Raghupathi, W. (2021). Effect of crowd wisdom on pricing in the asset-based sharing platform: An attribute substitution perspective. *International Journal of Hospitality Management*, 94, 102874. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2021.102874>
- Teruel-Gutiérrez, R., & Maté-Sánchez-Val, M. (2021). The impact of Instagram on Airbnb's listing prices in the city of Barcelona. *The Annals of Regional Science*, 67, 737-763. <https://doi.org/10.1007/s00168-021-01064-z>
- Tong, B., & Gunter, U. (2020). Hedonic pricing and the sharing economy: how profile characteristics affect Airbnb accommodation prices in Barcelona, Madrid, and Seville. *Current Issues in Tourism*, 25(20), 3309-3328. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1718619>
- Van der Borg, J., Camatti, N., Bertocchi, D., & Albarea, A. (2017). The Rise of the Sharing Economy in Tourism: Exploring Airbnb Attributes for the Veneto Region. University Ca' Foscari of Venice, Dept. of Economics Research Paper Series No. 05/WP/2017. <https://ssrn.com/abstract=2997985> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2997985>
- Villeneuve, H., & O'Brien, W. (2020). Listen to the guests: Text-mining Airbnb reviews to explore indoor environmental quality. *Building and Environment*, 169, 106555.
- Wang, D., & Nicolau, J.L. (2017). Price determinants of sharing economy based accommodation rental: A study of listings from 33 cities on Airbnb.com. *International Journal of Hospitality Management*, 62, 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.12.007>
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 48(4), 817-838. <https://doi.org/10.2307/1912934>
- Zervas, G., Proserpio, D., & Byers, J.W. (2017). The rise of the sharing economy: Estimating the impact of Airbnb on the hotel industry. *Journal of Marketing Research*, 54(5), 687-705. <https://doi.org/10.1509/jmr.15.0204>
- Zhang, Z., Chen, R.J.C., Han, L.D., & Yang, L. (2017). Key Factors Affecting the Price of Airbnb Listings: A Geographically Weighted Approach. *Sustainability*, 9(9), 1-13.



Revisores que han colaborado con la Revista durante 2022

REVISORES	PAÍS	REVISORES	PAÍS
Omar Alejandro Pérez Cruz	México	José Manuel Feria Domínguez	España
Jorge Enrique Mejía Quiroga	Colombia	Jaime Alberto Ospina Mejía	Colombia
Raúl E. Aristizábal Velásquez	Colombia	Roberto A. Montenegro Robles	Colombia
Alfonso Mendoza Velázquez	México	María Emilia Val	Argentina
José Domingo Begazo	Perú	Rogelio Ladrón de Guevara	México
Ana María Villagrasa Mejía	Venezuela	Francisco Reyes Zárate	México
Raúl Alberto Cortés-Villafradez	Colombia	Christian Arturo Quiroga Juárez	México
Jacobo Campo Robledo	Colombia	Miguel Carreras Simó	España
Juan Marroquín Arreola	México	María Amparo León Sánchez	Cuba
Julimar da Silva Bichara	España	José Antonio Cabrera-Pereyra	EEUU
Cuauhtemoc Calderón Galván	México	Jhony A. Barrera Lievano	Colombia
Said Diez Farhat	Ecuador	Bibiana Lanzilotta	Uruguay
Carlos Alberto Restrepo Carvajal	Colombia	Lourdes Isabel Meriño Stand	Colombia
Cecilia Ugalde Sánchez	Ecuador	Victor Ernesto Pérez León	España
Jenny Marcela Cardona Bedoya	Colombia	Adán Díaz-Hernández	México
Ana M. González Fernández	España	Jorge López Villa	México
Jesús E. Estrada-Domínguez	México	Jaime Beltrán Godoy	México
María Manuela Segovia González	España	Xavier Omar Jácome Ortega	España
José Carlos Trejo García	México	Jorge Luis Delgado Salazar	Ecuador
Leobaldo E. Molero Oliva	Venezuela	Jesyca M. Salgado Barandela	España
Carlos Allieria	Argentina	Milena Zabaleta-de Armas	Colombia
Fernanda Idrovo Poveda	Ecuador	Doris Padilla-Suárez	Colombia
Armando Sánchez Vargas	México	Alberto Romero Ania	España
Martín Díaz Rodríguez	Colombia	M ^a . Carmen Guisán Seijas	España
Mohammed I. Sultan Obeidat	Jordania	Jairo Alberto Villegas Flórez	Colombia
Sulaiman Mouselli	Siria	Elvio Accinelli Gamba	México
John Jairo García Rendon	Colombia	Jhon James Mora	Colombia
Edgar Tovar García	México	Rosa Belén Castro Núñez	España
Ricardo Torres Pérez	Cuba	Mauricio Quiñones Domínguez	Colombia
Antonio Toledo-Dorrego	Cuba	Héctor A. Botello Peñaloza	Colombia
Mónica Bocco	Argentina	Andrea Martínez Noya	España
Samir Ricardo Neme-Chaves	Colombia	Encarnación Moral Pajares	España
Leonel Alcides Castañeda Peláez	Colombia	Adanelly Ávila-Arce	México
Sebastián Robledo	Colombia	Eddy Johanna Fajardo Ortiz	Colombia
Iván Medina Iborra	España	Omar Antonio Mendoza Lugo	Venezuela





Revisores que han colaborado con la Revista durante 2022

REVISORES	PAÍS	REVISORES	PAÍS
Edinson Caicedo Cerezo	Colombia	M ^a . Yolanda Fernández Jurado	España
Salvador Rayo Cantón	España	M ^a . Guadalupe Calderón	México
Mohammad Muzahidul Islam	Bangladesh	Florencia Fiorentin	Argentina
Ricardo Diego Pérez-Calle	España	Cesar Freire Quinteros	Ecuador
María Luisa Saavedra García	México	Maximiliano Pérez Cepeda	Ecuador
Mahdi Salehi	Irán	Armando Lenin Támara-Ayús	Colombia
Marisol Valencia Cárdenas	Colombia	Milagro Baldemar Quiroz	Perú
María Isabel Rosas Jaco	México	Juan Pablo Martínez-Mesías	Ecuador
José María Caridad Ocerin	España	Jorge Enrique Díaz Pinzón	Colombia
Miguel Ángel Solano Sánchez	España	Roberto José Herrera Acosta	Colombia
Delio Ignacio Castañeda	Colombia	Susana Alonso Bonis	España
Jaime Salvador Díaz Pacheco	España	Carmen Ansotegui Olcoz	España
Laura Fabiana Gómez	Argentina	M ^a del Rosario Demuner-Flores	México
Patricia Recio Saboya	España	Ricardo E. Morales Guerrero	El Salvador
José Alejandro Cano Arenas	Colombia	Alberto Parra Barrios	Colombia
Alexander Correa Espinal	Colombia	Armando Lenin Támara Ayús	Colombia
Asoke Kumar Bhunia	India	Jair Eduardo Rocha González	Colombia
Angel Francisco Tenorio Villalón	España	Javier Arias-Osorio	Colombia
Cynthia Zaira Vega Valero	México	Dora Elena Jiménez Giraldo	Colombia
Marco Antonio Díaz Martínez	México	José Jaime Arana Coronado	México
Gastón Milanesi	Argentina	Marina Romeo Delgado	España
Josep Vives Santa Eulalia	España	Sandra Valle Álvarez	España
Carlos Alberto Franco Franco	Colombia	Emmanuel Picasso Salazar	México
José Miguel Domínguez Jurado	España	Mildred J. Mikery Gutiérrez	México
Ismael Santiago Moreno	España	M ^a del Pilar Zarzosa Espina	España
Yi Luo	EEUU	Elías Alvarado Lagunas	México
Orlando Petiz Pereira	Portugal	Manfred Murrell-Blanco	Costa Rica
Vincent Didiek Wiet Aryanto	Indonesia	Yolanda Fernández-Santos	España
Shujahat Ali	China	Ignacio Contreras Rubio	España

